доклады.

АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВЫХОДЯТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

Редакционная коллегия: акад. Л. А. Арцимович, акад. А. Г. Бетехтин, акад. С. А. Векшинский, акад. А. Н. Колмогоров (зам. главного редактора), акад. А. Л. Курсанов, акад. С. А. Лебедев, акад. И. Н. Назаров, акад. А. И. Некрасов, акад. А. И. Опарин (главный релактор), акад. Е. Н. Павловский, акал. Л. И. Седов, акад. Н. М. Страхов, акад. А. Н. Фрумкин (зам. главного редактора)

24-й ГОД ИЗДАНИЯ

1956

TOM 111, No 1

СОДЕРЖАНИЕ

M

Ф

ATEMATИKA Сп	np.
Е. А. Барбашин. О двух схемах доказательства теорем об устойчивости по первому приближению	9
М. И. Вишик и Л. А. Люстерник. Стабилизация решений некоторых дифферен- циальных уравнений в гильбертовом пространстве	4.0
 Н. И. Климов. Оценки сверху некоторых теоретикочисловых функций М. А. Красносельский, С. Г. Крейн и П. Е. Соболевский. О дифференциальных 	12 16
уравнениях с неограниченными операторами в банаховых пространствах Б. Р. Лаврук. Условие разрешимости одной граничной задачи для систем ли-	19
нейных дифференциальных уравнений второго порядка эллиптического типа	23
С. М. Никольский. Граничные свойства функций на областях с углами	26
3. И. Рехлицкий. Об устойчивости решений некоторых линейных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом в банаховом пространстве А. С. Солодовников. Геодезические классы пространств $V(K)$	29 33
И. Д. Софронов. К приближенному решению сингулярных интегральных уравнений	37
Б. В. Хведелидзе. О разрывной граничной задаче Римана — Привалова с ко-	40
	1.1
ІДРОМЕХАНИКА	
Л. В. Овсянников. Новое решение уравнений гидродинамики	47
ТРОНОМИЯ	
Д. О. Мохнач. О вековом ускорении и замедлении движения короткопериодических комет	50
АТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
Е.М. Добрышман и А. Ф. Дюбюк. О решении уравнения $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial t}\Delta - \Delta\right)\mu = f$	55
изика	
Б. В. Гавриловский, В. Я. Головня, К. В. Караджев, А. П. Ключарев и В. И. Манько. Поляризация протонов малой энергии при рассеянии на углероде	59

		mp.
	А. Е. Глауберман. К теории реального газа с нецентральным законом взаимодействия частиц.	63
	М. С. Лившиц. О матрице рассеяния промежуточной системы	67
	компоненты широких атмосферных ливней космического излучения	71 74
	Б. Я. Свешников. К теории концентрационного тушения флуоресценции растворов	78
	П. В. Сорокин и А. Я. Таранов. Поляризация протонов, упруго рассеянных	82
ΓΕΟ	ядрами C ¹²	02
	В. И. Арабаджи. Об измерении напряженности электрического поля в грозовых облаках с помощью радиозонда	85
БИО	ФИЗИКА	
	 Т. М. Кондратьева. Ранние цитологические изменения в костном мозгу животных при воздействии проникающего излучения	89 92
TEX	НИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
	Ю. Н. Днестровский. Изменение собственных частот электромагнитных резонаторов	94
	М. В. Приданцев, О. Н. Мещеринова и Ю. В. Пигузов. Изучение механизма влияния бора методом внутреннего трения	98
ЭЛЕ	КТРОТЕХНИКА	
	Г. Н. Поваров. К математической теории синтеза контактных (1, k)-полюсников	102
КРИ	СТАЛЛОГРАФИЯ	
	Н. Ю. Икорникова и В. П. Бутузов. О гидротермальном синтезе кальцита	105
ХИЛ	лия	
	Б. А. Арбузов, В. С. Виноградова и Н. А. Полежаева. О продукте действия ди- этилфосфористого натрия на бромацетон	107
	А. А. Гуреев и З. А. Саблина. Влияние строения соединений из класса шиффовых оснований на их свойства как деактиваторов металлов	110
	А. Н. Несмеянов, Л. И. Захаркин и Р. Х. Фрейдлина. Конденсация ү,ү,ү-три- хлоркротоновой, ү,ү-дихлоркротоновой и ү-бромкротоновой кислот с бензо- лом в присутствии хлористого алюминия	114
	 Я. М. Паушкин и Л. В. Осипова. Синтез ацетонитрила из пентана и аммиака. А. В. Топчиев, Б. А. Кренцель, Н. Ф. Богомолова и Ю. Я. Гольдфарб. Полимеризация изобутилена в присутствии триэтилалюминия и четыреххлористого 	117
みひつ	титана	121
4110	В. Б. Казанский и В. В. Воеводский. О двух механизмах гидрирования и обмена	
	при взаимодействии этилена с дейтерием на палладиевом катализаторе А. В. Киселев, Ф. З. Сабиров, И. Л. Эттингер и М. Ф. Яновская. Адсорбция ме-	125
	тана сажей и углем выше и ниже критической температуры	129 133
	И. Л. Розенфельд и Т. И. Луконина. О новом катодном деполяризаторе Л. М. Шамовский и Ю. Н. Жванко. Распределение активатора в щелочно-	136
	галоидных фосфорах	140
ГЕО	КИМИХ	
	Е. Д. Зайцева. Обменный аммоний в осадках Тихого океана	144
БИС	ОХИМИЯ Г. К. Барашков. Об углеводах некоторых видов диатомовых водорослей	148
	М. А. Бокучава, В. Н. Букин, Н. Н. Ерофеева и В. Р. Попов. Р-витаминная активность различных типов чая	152
	3. C. Броновицкая. Ферментативное восстановление дифосфопиридиннуклеотида (ДПН+) ментолом в листьях перечной мяты Mentha piperita .	155
	И. Л. Каганова и В. Н. Орехович. О природе ферментов транспептидации	158
	Л. Г. Разина. Биосинтез карнозина мышечной тканью in vitro	161

D. F. Communication of the Com	mp.
В. Е. Соколова и О. Н. Савельева. Особенности окислительных систем озимой и яровой пшеницы	165
ГЕОЛОГИЯ	100
С. В. Николаев. Распределение доломита в известково-доломитовых породах Са	
марской луки	169
матизма в Восточном Приморье	171
В. И. Тужикова. Кайнотипные эффузивы и пирокластические породы Буланаш- Елкинского бассейна	175
ГИДРОГЕОЛОГИЯ	110
П. П. Воронков. Гидрохимические обоснования строительства прудов в зоне недостаточного увлажнения	178
ПОЧВОВЕДЕНИЕ	1,0
Р. X. Айдинян. Формы поглощенных почвенными коллоидами фосфатов и доступность их для чайного куста	182
ПАЛЕОНТОЛОГИЯ	
А. Г. Вологдин. Стратиграфическое значение археоциат	185 188
ГИСТОЛОГИЯ	
И. А. Алов. О возникновении митозов при регенерации печени	190
ЭКОЛОГИЯ	
Ю. П. Зайцев. TS-диаграммы встречаемости пелагической икры некоторых черноморских рыб	193
<i>ГИДРОБИОЛОГИЯ</i>	
Н. Г. Виноградова. Зоогеографическое районирование абиссали Мирового океана А. К. Гейнрих. О продукции копепод в Беринговом море	195 199
него течения Дона и восточной части Таганрогского залива	202
ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	
И. В. Гулякин и Е. В. Юдинцева. Поступление в растения радиоактивных изотопов стронция, цезия, рутения, циркония и церия	206
А. В. Петербургский. Об усвоении растениями обменно-поглощенных средой анионов	209
И. Д. Шматок. Влияние продолжительности дня в полярных условиях на содержание углеводов и минеральных веществ у желтой акации и обыкновенной сирени	213
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ	
Г. П. Тихонова. Регенерация роговицы и ее нервных элементов у крыс при экс-	
периментально вызванной механической травме	217
ФИЗИОЛОГИЯ	
 В. С. Кирпичников, А. Н. Световидов и А. С. Трошин. Мечение карпа радио- активными изотопами фосфора и кальция	221
условных рефлексов при строгом совпадении во времени действия индифферентного и безусловного раздражителей	225
Н. М. Петрунь. К вопросу о дыхании человека через кожу. Влияние температуры и физической работы на поглощение кислорода через кожу человека	228
3. Г. Трофимова. Венечное кровообращение у собак при действии веществ, изменяющих уровень артериального давления	232
ЭМБРИОЛОГИЯ	226
А. С. Гинзбург. Жировые вещества в овоцитах и яйце севрюги	236
ПАРАЗИТОЛОГИЯ	
 Б. Л. Гаркави. Способность личинок ленточного гельминта Hymenolepis fraterna (Stiles, 1906) развиваться в мезентериальных лимфатических узлах. О. В. Головин. Биология нематоды Gnathostoma hispidum. 	240 242
	5

		mp.
	E. M. Қарманова. Расшифровка биологического цикла нематоды Hystrichis tricolor Dujardin, 1845,— паразита домашних и диких уток	245
	A. M. Кривко. Естественное раздвоение весеннего поколения овечьего овода (Oestrus ovis L.) в Алма-Атинской области	248
	Т. П. Чижова. К вопросу о взаимосвязи лентецов, паразитирующих у млекопитающих и птиц	250
	CONTENTS	
MA		ages
	E. A. Barbashin. On two schemes for proving the stability theorems in first approximation	9
	ximation	12
	equations in Hilbert space	16
	 M. A. Krasnoselsky, S. G. Krein and P. E. Sobolevsky. On differential equations with unlimited operators in Banach spaces	19
	elliptical type of systems of second order linear differential equations	23
	S. M. Nikolsky. The boundary properties of functions in regions with corners Z. I. Rekhlitsky. On the stability of solutions of certain linear differential equa-	26
	tions with a lagging argument in the Banach space	29 33
*.	A. S. Solodovnikov. The geodesic classes of $V(K)$ spaces	37
	B. V. Khvedelidze. On the discontinuous boundary problem of Riemann-Privalov with a coefficient having critical points	40
	L. A. Chikin. On the stability of Riemann's boundary problem	44
FLU	ID MECHANICS	
	L. V. Ovsiannikov. A new solution of the hydrodynamic equations	47
AST	RONOMY	
1.1=	D. O. Mokhnach. On secular acceleration and retardation in the motion of short period comets	50
MAT	THEMATICAL PHYSICS	
12.1	E. M. Dobryshman and A. F. Dubuk. The solution of equation $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)$	
- 72	$-\frac{\partial}{\partial t}\Delta - \Delta \bigg) u = f \dots \dots$	55
PHY	SICS	
¥ 1	 B. V. Gavrilovsky, V. J. Golovnia, K. V. Karadzhev, A. P. Klucharev and V. I. Manko. Polarization of small energy protons in scattering on carbon. A. E. Glauberman. A contribution to the theory of a real gas with non-central 	59
	M. S. Livshitz. On the scattering matrix of an intermediate system	63 67
1	S. I. NIKOISKY, Yu. N. Vavilov and V. V. Batov A study of the nuclear	
	interacting component of extensive air showers of cosmic radiation Andrey Popovich. Non-linearity and conformal reciprocity. B. I. Sveehnikov, On the theory of the	71 74
1 3	B. J. Sveshnikov. On the theory of the concentrational quenching on fluorescence in solutions	78
	P. V. Sorokin and A. J. Taranov. The polarization of protons by elastically scattered C ¹² nuclei	82
GEO.	PHYSICS	02
N.C.	V. I. Arabadzhi. On electric field intensity measurement in storm clouds with the aid of a sounding baloon	85
BIOF	PHYSICS	00
	T. M. Kondratieva. Early cytological changes taking place in the marrow of	
	animals subjected to penetrating radiation	89 92
TECI	HNICAL PHYSICS	02
11.2	Yu. N. Dnestrovsky. Perturbation of characteristic numbers of electromagnetic	
G	cavities electromagnetic	94

	P	ages
	M. V. Pridantsev, O. N. Mestcherinova and Yu. V. Piguzov. Internal friction method of investigations of the mechanism underlying the effect of boron on steel	98
ELEC	TRICAL ENGINEERING	
	G. N. Povarov. Contribution to the mathematical theory of the synthesis of contact (1, <i>k</i>)-poles	102
CRIST	TALLOGRAPHY	
	N. Yu. Ikornikova and V. P. Butuzov. On the hydrothermal synthesis of calcite	105
CHEM	IISTRY	
	B. A. Arbusov, V. S. Vinogradova and N. A. Polezhaeva. On the product formed	
	by the action of sodium diethylphosphite upon bromoacetone A. A. Gureyev and Z. A. Sablina. The structure of certain Schiff's bases as a factor	107
	in their ability of annihilating the catalytic activity of metals	110
	A. N. Nesmeianov, L. I. Zakharkin and R. Kh. Freidlina. The condensation of γ,γ,γ-trichlorocrotonic acid, γ,γ-dichlorocrotonic acid and γ-bromerotonic	
	acid with benzene in the presence of aluminium chloride	114
	J. M. Paushkin and L. V. Osipova. The synthesis of acetonitrile from pentane and	117
	A. V. Topchiev, B. A. Krentzel, N. F. Bogomolova and Yu. J. Goldfarb. The	111
	polymerization of isobutylene in the presence of triethyl aluminium and titanium tetrachloride	121
DYLLIO		141
PHYS	CICAL CHEMISTRY	
	V. B. Kazansky and V. V. Voevodsky. On two mechanisms of hydrogenation and exchange between ethylene and deuterium on palladium	125
	A. V. Kiseley, F. S. Sabiroy, I. L. Ettinger and M. F. Janovskaya, Adsorption of	
	methane on carbon black and coal above and below critical temperature Yu. P. Nikitin and O. A. Esin. The double layer capacity at high temperatures	129 133
	I. L. Rosenfeld and T. I. Lukonina. Sulphurous gas as a cathodic depolari-	400
	zer	136
	halogen phosphors	140
GEOCI	HEMISTRY	
	E. D. Zaitzeva. Exchangeable ammonium in the sediments of the Pacific acean	144
BIOCE	HEMISTRY	
	G. K. Barashkov. On the carbohydrates of certain diatom species	148
	M. A. Bokuchava, V. N. Bukin, N. N. Erofeyeva and V. R. Popov. Vitamin Pactivity	152
	in different types of tea Z. S. Bronovitskaya. Fermentative reduction of the diphosphopyridinenucleotide	104
	(DPN+) with menthol in the leaves of Mentha piperita	155
	I. L. Kaganova and V. N. Orekhovich. On the nature of transpeptidation enzymes	158 161
	L. G. Razina. Biosynthesis of carnosin by muscle tissue, reproduced in vitro V. E. Sokolova and O. N. Savelieva. The typical features of oxidizing systems in	
	winter wheat and spring wheat	165
GEOLO	OGY	
	S. V. Nikolaev. The distribution of dolomite in limestone-dolomite rocks of the	
	Samarskaya Luka	169
	postlower-cretaceous magmatism in the East Primorye	171
	V. I. Tuzhikova. Cenotypic effusives and pyroclastic rocks of the Bulanasch-Elkinsk basin	175
	OGEOLOGY	
	P. P. Voronkov. Hydrochemical principles for pond arrangement within zones of insufficient humidity	178
	SCIENCE	
	R. Kh. Aydinian. Forms of phosphates absorbed by soil colloids, and their availability to the tea plant	182
PALA	EONTOLOGY	105
	A. G. Vologdin. The stratigraphic significance of Archaeocyatha	185 188
	B. V. Nativkin. Pseudoscatar Pelecypoda from the domaine	7

	0
HISTOLOGY	Pages
I. A. Alov. On the formation of mitosis in the course of liver regeneration	190
ECOLOGY .	
Yu. P. Zaytsev. A TS-diagram of the occurrence of pelagic eggs of certain Black sea fish	193
HYDROBIOLOGY	
 N. G. Vinogradova. Zoogeographical subdivision of the abyss of the World ocean A. K. Heinrich. On Copepoda production in the Bering sea E. A. Fessenko and M. S. Sheinin. Quantitative fluctuations of zooplankton of the lower reach of the Don river and the eastern part of the Taganrog bay 	195 199 202
PLANT PHYSIOLOGY	
I. V. Guliakin and E. V. Yudintseva. Radioactive isotopes of strontium, caesium, ruthenium, zirconium and cerium as supplied to the plant	206
 A. V. Peterburgsky. On the assimilation by plants of anions absorbed by the medium in the course of exchange. I. D. Shmatok. Content of carbohydrates and mineral substances in Acacia 	209
I. D. Shmatok. Content of carbohydrates and mineral substances in Acacia caragana and Syringa vulgaris, as affected by day-length	213
EXPERIMENTAL MORPHOLOGY	
G. P. Tikhonova. The regeneration of the cornea and its nervous elements, accompanying experimentally provoked mechanical trauma in rats	217
PHYSIOLOGY	
 V. S. Kirpichnikov, A. N. Svetovidov and A. S. Troshin. The labelling of Cyprinus carpio with phosphorous and calcium radioactive isotopes B. I. Pakovich. On the impossibility of the formation of defensive-motor conditioned reflexes in the case of strictly synchrotronous action of an indifferent and 	221
an unconditioned stimulus	225
absorption through the skin, as affected by temperature and bodily toil Z. G. Trofimova. Coronary circulation in dogs acted upon by drugs affecting	228
arterial tension	232
EMBR YOLOGY	
A. S. Ginsburg. Lipids in the oocytes and in the egg of Acipenser stellatus Pall.	236
PARASITOLOGY	
 B. L. Garkavi. The ability of Hymenolepis fraterna (Stiles, 1906) larvae to develop in mesenterial lymphatic nods	240 242
chis tricolor Dujardin, 1845, a parasite of domestic and wild ducks	245
A. M. Krivko. Natural splitting of the vernal generation of Oestrus ovis L. in the Alma-Ata province	248
T. P. Chizhova. A contribution to the problem as to the mutual relation between Bothriocephalus species parasitic on mammals and birds	250

MATEMATUKA

Е. А. БАРБАШИН

О ДВУХ СХЕМАХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ТЕОРЕМ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ПЕРВОМУ ПРИБЛИЖЕНИЮ

(Представлено академиком И.Г. Петровским 8 VI 1956)

В метрическом пространстве R рассмотрим динамическую систему, представляющую собой полугруппу (восбще говоря, неоднозначных) отображений R на себя. Точнее, пусть каждой точке p из R и вещественному числу $t\geqslant 0$ поставлено в соответствие непустое множество f(p,t), причем f(p,0)=p. В дальнейшем f(p,0)=p в дальнейшем f(p,0)=p

Всюду далее через $U(A,\varepsilon)$ мы будем обозначать ε -окрестность множества A. Если даны два множества A и B, то величину $\beta(A,B)=\sup \rho(p,B)$, где ρ — знак расстояния, будем называть полуотклоне-

нием множества A от множества B. Очевидно, что из $\beta(A,B) < \varepsilon$ следует $A \subset U(B,\varepsilon)$.

Множество M назовем равномерно асимптотически устойчивым, если: а) существует $\epsilon>0$ такое, что для любого $\delta>0$ можно указать положительное число T, обладающее свойством

$$f(U(M, \varepsilon), T) \subset U(M, \delta);$$

б) для любого $\epsilon > 0$ существует $\delta > 0$ такое, что

$$f(U(M,\delta),t) \subset U(M,\varepsilon)$$
 при $t \geqslant 0$.

Множество M пространства R назовем ϵ -устойчивым, если существует $\delta > 0$ такое, что

$$f(U(M,\delta),t) \subset U(M,\varepsilon)$$
 при $t \geqslant 0$.

$$f(U(M,\delta),t) \subset U(M,\frac{\varepsilon}{2}),$$
 (1)

$$f(U(M,\delta),t) \subset U(M,\frac{\delta}{2}).$$
 (2)

Пусть в пространстве R задана другая динамическая система g (p, t). Если

$$\beta(g(p,t),f(p,t)) < \frac{\delta}{2} \quad npu \ 0 \leqslant t \leqslant T,$$
 (3)

то множество M будет ϵ -устойчивым для системы g(p,t). В самом деле, из условия теоремы следует, что

$$\beta(g(U(M,\delta),t),f(U(M,\delta),t)) < \frac{\delta}{2}$$
 при $0 \leqslant t \leqslant T$,

откуда, использовав (1), получим

$$g(U(M,\delta),t) \subset U(M,\varepsilon)$$
 при $0 \leqslant t \leqslant T$.

Далее, условия (2) и (3) дают

$$g(U(M, \delta), T) \subset U(M, \delta).$$

Таким образом, за время $0 \leqslant t \leqslant T$ множество $g\left(U\left(M,\delta\right),t\right)$ не выйдет за пределы ϵ -окрестности множества M и в момент времени t=T

оно будет лежать в б-окрестности множества М.

Беря теперь момент времени t=T за начальный и проведя аналогичные рассуждения, мы убедимся, что $g\left(U\left(M,\delta\right),t\right)$ будет лежать в $U\left(M,\varepsilon\right)$ и при $T\leqslant t\leqslant 2T$, причем выполняется условие

$$g(U(M, \delta), 2T) \subset U(M, \delta).$$

Продолжая далее аналогичное рассуждение, мы убедимся, что

$$g\left(U\left(M,\delta\right),t\right)\subset U\left(M,\varepsilon\right)$$
 при $(n-1)$ $T\leqslant t\leqslant nT$; $g\left(U\left(M,\delta\right),nT\right)\subset U\left(M,\delta\right),$

что и доказывает нашу теорему.

Заметим, что аналогичная схема была применена ранее С. И. Горшиным (2) для доказательства теоремы об устойчивости при постоянно действующих возмущениях и М. А. Скалкиной (3) для доказательства устойчивости решений конечноразностных уравнений.

Мы скажем, что множество М устойчиво по показательному закону,

если существуют постоянные $B \gg 1$ и $\alpha > 0$ такие, что

$$\beta (f(U(M, \varepsilon), t), M) < \varepsilon B e^{-\alpha t},$$
 (4)

где з — любое достаточно малое положительное число.

T е о р е м а 2. Пусть в пространстве R задана динамическая система f(p,t), для которой множество M устойчиво по показательному закону. Если в R задана другая динамическая система, удовлетворяющая условию

$$\beta\left(g\left(p,t\right),f\left(p,t\right)\right) < \frac{1}{4}\rho\left(p,M\right) \quad npu \ 0 \leqslant t \leqslant \frac{1}{\alpha}\ln 4B,\tag{5}$$

еде α и B — постоянные, определенные неравенством (4), то множество M будет устойчивым по показательному закону и для системы g(p,t).

Докажем теорему. Пусть $T=\frac{1}{\alpha}\ln 4B,\ \delta=\frac{\varepsilon}{2B}$, где ε — произвольное число, для которого выполняется (4). Очевидно, имеем

$$f\left(U\left(M,\delta\right),t
ight)\subset U\left(M,rac{arepsilon}{2}
ight)$$
 при $0\leqslant t\leqslant T;$ $f\left(U\left(M,\delta
ight),T
ight)\subset U\left(M,rac{\delta}{4}
ight).$

Из условия (5) следует

$$\beta\left(g\left(U\left(M,\delta\right),t\right),f\left(U\left(M,\delta\right),t\right)\right)\leqslant\frac{\delta}{4}$$
 при $0\leqslant t\leqslant T$,

откуда получим

$$g\left(U\left(M,\delta\right),t\right)\subset U\left(M,\varepsilon\right)$$
 при $0\leqslant t\leqslant T;$ $g\left(U\left(M,\delta\right),T\right)\subset U\left(M,\frac{\delta}{2}\right).$

Предположим теперь, что доказано

$$g\left(U\left(M,\delta\right),t\right)\subset U\left(M,\frac{\varepsilon}{2^{n-1}}\right)$$
 при $(n-1)\,T\leqslant t\leqslant nT;$ (6)

$$g(U(M,\delta), nT) \subset U(M, \frac{\delta}{2^n}).$$
 (7)

Покажем, что имеют место неравенства

$$g\left(U\left(M,\delta\right),t\right)\subset U\left(M,\frac{\varepsilon}{2^{n}}\right)$$
 при $nT\leqslant t\leqslant (n+1)\,T;$ (8)

$$g(U(M,\delta),(n+1)T) \subset U(M,\frac{\delta}{2^{n+1}}).$$
 (9)

В самом деле, из (4) следует, что если $p \subset U\left(M,\frac{\delta}{2^n}\right)$, то $f(p,t) \subset CU\left(M,\frac{\varepsilon}{2^{n+1}}\right)$ при $0 \leqslant t \leqslant T$ и $f(p,T) \subset U\left(M,\frac{\delta}{2^{n+2}}\right)$. Условие (5) даст $\beta\left(g\left(p,t\right),f\left(p,t\right)\right) < \frac{\delta}{2^{n+2}}$ при $0 \leqslant t \leqslant T$, откуда следует, что

$$eta\left(g\left(p,t
ight)M
ight)<rac{arepsilon}{2^{n+1}}+rac{\delta}{2^{n+2}}<rac{arepsilon}{2^{n}}$$
 при $0\leqslant t\leqslant T$ и $g\left(p,t
ight)\subset U\left(M,rac{\delta}{2^{n+1}}
ight).$

Беря теперь в качестве точки p любую точку из $g(U(M, \delta), nT)$, мы убеждаемся в справедливости неравенств (8) и (9). Из этих неравенств

легко выводится неравенство $\beta\left(g\left(U(M,\delta),t\right),M\right)<4B\delta e^{-\alpha\frac{\ln 2}{\ln 4B}t}$, доказываю-

щее утверждение нашей теоремы.

Предложенная схема доказательства теоремы 2 была использована ранее в заметке Е. А. Барбашина и М. А. Скалкиной (4) для доказательства теоремы об устойчивости по первому приближению решений системы дифференциальных уравнений. Аналогичное рассуждение проведено М. А. Скалкиной (5) при исследовании систем уравнений в конечных разностях. Заметим еще, что обе предложенные теоремы справедливы и в том случае, когда вторая динамическая система g(p,t) определена только на подпространстве R. Очевидно также, что схемы предложенных доказательств можно использовать в случае, когда полугруппы преобразований обеих систем f(p,t) и g(p,t) или только второй системы g(p,t) дискретны.

Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова

Поступило 14 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. А. Барбашин, Уч. зап. МГУ, матем., в. 135, **2**, 110 (1949). ² С. И. Горшин, Изв. АН ҚазССР, № 56 (1948). ³ М. А. Скалкина, Прикладн. матем. и мех., **19**, в. **3**, 287 (1955). ⁴ Е. А. Барбашин, М. А. Скалкина, Прикладн. матем. и мех., **19**, в. 5, 623 (1955). ⁵ М. А. Скалкина, ДАН, **104**, 505 (1955).

м. и. вишик и член-корреспондент АН СССР Л. А. ЛЮСТЕРНИК

СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ГИЛЬБЕРТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

1. Пусть в линейном метрическом пространстве M дано семейство траекторий $\{u=u(t)\}\ (t_0 \leqslant t < +\infty)$ и кривая v=v(t). Мы скажем, что это семейство $\{u(t)\}$ с табилизируется и притом к кривой v(t), если $\lim_{t\to +\infty} \rho(u(t),v(t))=0$ для любой кривой u(t) семейства. Очевидно, в этом случае семейство $\{u(t)\}$ стабилизируется также к любой кривой $u_0(t)$ $\{u(t)\}$. В частности, если $v(t)=v_0=$ const, то стабилизация означает, что $\lim_{t\to +\infty} u(t)=v_0$ для любой кривой u(t) $\{u(t)\}$.

Представляет интерес исследование стабилизации решений $\{u(t)\}$ дифференциального уравнения в M

$$\frac{du}{dt} + A(t, u) = 0$$

к решению v(t) стационарного уравнения A(t,v)=0, зависящего от параметра t. С другой стороны, как известно, решения v(t) последнего уравнения при $t\to\infty$ могут стабилизироваться к решению v_0 предельного уравнения $A(\infty,v_0)=0$. Таким образом, возникает вопрос о стабилизации семейства решений $\{u(t)\}$ к v_0 . Примером может служить стабилизация решений уравнения Максвелла — Больцмана к распределению Максвелла (1) или стабилизация решений смешанной краевой задачи для параболического уравнения к соответствующему решению граничной задачи для эллиптического уравнения (2,3).

В этой связи особый интерес представляет тот случай, когда соответствующий эллиптический оператор есть оператор с малым параметром, зависящим от t, при старших производных по пространственным координатам, т. е. когда в пределе при $t \to \infty$ эллиптический оператор вырождается в опе-

ратор низшего порядка (4^{-10}) .

2. Рассмотрим в гильбертовом пространстве Н дифференциальное уравнение

$$\frac{du(t)}{dt} + A(t)u(t) = f(t), \quad u|_{t=t_0} = u_0, \tag{1}$$

и соответствующее семейство стационарных уравнений (зависящих от t)

$$A(t)v(t) = f(t). (2)$$

Предполагается, что $\{A(t)\}$ — семейство линейных операторов (вообще говоря, неограниченных), имеющих область определения Ω , плотную в H и не зависящую от t, причем

$$(A(t)u,u) \geqslant \gamma(t)(u,u), \quad \gamma(t) > 0.$$
(3)

Мы будем предполагать в дальнейшем, что уравнения (1), (2) разрешимы, а также что эти уравнения можно почленно дифференцировать в сильном смысле. Это будет выполняться, например, если $A(t) = A_1(t) + iA_2(t)$, где $A_1(t)$ — самосопряженный положительный оператор, а $A_2(t)$ — кососимметрический оператор, в известном смысле подчиненный оператору $A_1(t)$, причем эти операторы дифференцируемы (3). В частности, это будет выполняться, если A(t) — сильно эллиптический оператор (3) с положительно-определенной симметрической частью при нулевых граничных условиях, причем коэффициенты A(t) и их производные по t достаточно гладки относительно пространственных координат (3).

Заметим, что, умножая скалярно уравнение (2) на v(t) и пользуясь (3),

получим:

$$\|v(t)\| \le (\gamma(t))^{-1} \|f(t)\| = (\gamma(t))^{-1} \|A(t)v(t)\|.$$
 (3')

3. Заметим, что если вещественная положительная функция y(t) удовлетворяет дифференциальному неравенству

$$\frac{dy(t)}{dt} \leqslant -\gamma(t)y(t) + \varepsilon(t), \quad y(t_0) = y_0, \quad \gamma(t) > 0, \tag{4}$$

TO

$$y(t) \leqslant y(t_0) \exp\left(-\int_{t_0}^{t} \gamma(\tau) d\tau\right) + \psi(\gamma(t), \varepsilon(t)), \tag{5}$$

где

$$\psi(\gamma(t), \varepsilon(t)) = \int_{t_0}^{t} \varepsilon(\tau) \exp\left(-\int_{\tau}^{t} \gamma(\sigma) d\sigma\right) d\tau.$$
 (6)

Достаточными условиями стремления $y\left(t\right)$ к нулю при $t\to+\infty$ будут, например, следующие:

1)
$$\gamma(t) \geqslant c^2 > 0$$
, $t \geqslant t_0$, $\varepsilon(t) = O(t^{-r})$, $r > 0$,

или

2)
$$\gamma(t) = O(t^{-r_1}), \ 0 < r_1 < 1, \ \varepsilon(t) = O(t^{-r}), \ r > 0,$$
 (7)

или

виде (8):

3)
$$\gamma(t) = O(t^{-1}), \ \epsilon(t) = O(t^{-r}), \ r > 1.$$

4. Рассмотрим, наряду с уравнением (1), уравнение

$$\frac{du_{1}(t)}{dt} + A(t)u_{1}(t) = f(t) + h(t), \quad ||h(t)|| = \varepsilon(t) \xrightarrow[t \to \infty]{} 0.$$
 (8)

Тогда разность $w_1 = u - u_1$ решений этих уравнений удовлетворяет уравнению

$$\frac{dw_1}{dt} + A(t)w_1 = h(t). \tag{9}$$

Умножая обе части скалярно на w_1 и сокращая на $\|w_1\|$, получаем согласно (3):

$$\frac{d}{dt} \| w_1 \| + \gamma(t) \| w_1 \| \leqslant \varepsilon(t).$$

Достаточным условием стабилизации решений $u\left(t\right)$ уравнения (1) к решению $u_1\left(t\right)$ уравнения (8) будет выполнение одного из условий (7). 5. Семейство стационарных уравнений (2) допускает запись в

 $\frac{dv(t)}{dt} + A(t)v(t) = f(t) + \frac{dv(t)}{dt}.$ (10)

Поэтому для выяснения условий стабилизации семейства решений уравнения (1) к решению v(t) уравнения (2) надо оценить $\varepsilon(t)=\|\ dv/dt\ \|$. Для этого продифференцируем уравнение (2) по t:

$$A\left(t\right)\frac{dv\left(t\right)}{dt}=f'\left(t\right)-A_{t}^{'}\left(t\right)v\left(t\right)=g\left(t\right).$$

Отсюда, заменяя в (3') f(t) на g(t) и v(t) на dv/dt, получим:

$$\left\| \frac{dv}{dt} \right\| \leq \frac{1}{\gamma(t)} \| g(t) \| \leq \frac{1}{\gamma(t)} (\| f'(t) \| + \| A_{t}'(t) v(t) \|) = \varepsilon(t).$$
 (11)

Таким образом, достаточным условием стабилизации решений u(t) уравнения (1) к решению v(t) уравнения (2) является выполнение условий (7) относительно $\varepsilon(t)$ из (11).

Весьма часто в приложениях приходится иметь дело со случаем «подчинения» оператора $A'_{,}(t)$ оператору A(t), т. е. выполнения неравенства

$$||A'_t(t)v|| \le \delta(t) ||A(t)v||.$$
 (12)

В этом случае мы можем $\varepsilon(t)$ в (11) положить в силу (12) равным

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{\gamma(t)} \| f'(t) \| + \frac{\delta(t)}{\gamma(t)} \| f(t) \|.$$
 (13)

Таким образом, мы приходим к следующей теореме, удобной для приложений.

Теорема. При выполнении неравенств (3) и (12) достаточным условием стабилизации решений u(t) уравнения (1) κ решению v(t) уравнения (2) являются:

1)
$$\gamma(t) \geqslant c^2 > 0$$
, $\varepsilon(t) = \frac{1}{\gamma(t)} \| f'(t) \| + \frac{\delta(t)}{\gamma(t)} \| f(t) \| = O(t^{-r}), r > 0$, unu

2) $\gamma(t) = O(t^{-r_1}), \ 0 < r_1 < 1, \ \epsilon(t) = O(t^{-r}), \ r > 0,$

3)
$$\gamma(t) = O(t^{-1}), \ \varepsilon(t) = O(t^{-r}), \ r > 1.$$

6. Для приложений бывает также целесообразно иметь оценки для du/dt, где u — решение уравнения (1).

Дифференцируя обе части (1) по t, получаем

$$\frac{d^2u}{dt^2} + A(t)\frac{du}{dt} = f'(t) - A'_t(t)u(t). \tag{14}$$

Умножая скалярно обе части (14) на du/dt и сокращая на $\|du/dt\|$, получаем согласно (3')

$$\frac{d}{dt} \left\| \frac{du}{dt} \right\| + \gamma(t) \left\| \frac{du}{dt} \right\| \le \|f'(t)\| + \|A'_t(t) u(t)\|. \tag{15}$$

Предполагая выполненным условие (12), получим

$$||A'_{t}(t)u(t)|| \leqslant \delta(t)||A(t)u(t)||$$
.

С другой стороны, из (1) имеем

$$||A(t)u(t)|| \le ||\frac{du(t)}{dt}|| + ||f(t)||.$$

Отсюда

$$\|A'_t(t)u(t)\| \leqslant \delta(t) \left(\left\| \frac{du}{dt} \right\| + \|f(t)\| \right). \tag{16}$$

Из (16) и (15) получаем

$$\frac{d}{dt} \left\| \frac{du(t)}{dt} \right\| + (\gamma(t) - \delta(t)) \left\| \frac{du(t)}{dt} \right\| \le \|f'(t)\| + \delta(t) \|f(t)\| = \varepsilon(t). \tag{17}$$

Предполагая, что $\gamma_1(t) = \gamma(t) - \delta(t) > 0$, и пользуясь (5), получаем:

$$\left\| \frac{du(t)}{dt} \right\| \leq \left\| \frac{du}{dt} \right\|_{t=t_0} \exp\left(-\int_{t_0}^t \gamma_1(\tau) d\tau \right) + \psi(\gamma_1(t), \varepsilon(t)). \tag{18}$$

С помощью полученных условий и оценок можно вывести критерии стабилизации решений некоторых нестационарных задач для уравнений в частных производных.

Поступило 8 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ D. Morgenstern, J. of Rat. Mech. and Math., 4, № 4, 533 (1955). ² М. И. Вишик, ДАН, 97, № 2, 193 (1954). ³ М. И. Вишик, Матем. сборн., 39 (81), 1, 51 (1956). ⁴ И. С. Градштейн, ДАН, 53, № 5, 395 (1946); Изв. АН СССР, сер. матем., 13, 253 (1949); Матем. сборн., 27 (69), 47 (1950); 32 (74), 2, 263 (1953); 32 (74), 533 (1953). ⁵ А. Н. Тихонов, Матем. сборн., 22 (64), 193 (1948);27 (69), 1, 147 (1950); 31, 3, 575 (1952). ⁶ К. О. Friedrichs, W. R. Wasow, Duke Math. J., 13, № 3, 367 (1946). ⁷ N. Levinson, Ann. of Math., 51, 428 (1950). ⁸ О. А. Олейник, Матем. сборн., 31, 1, 104 (1952). ⁹ О. А. Олейник, А. И. Жижина, Матем. сборн., 31, 3, 709 (1952). ¹⁰ А. Васильева, Матем. сборн., 31, 581 (1952).

MATEMATUKA

н. и. Климов

оценки сверху некоторых теоретикочисловых функций

(Представлено академиком И. М. Виноградовым 2 VII 1956)

Элементарным методом A. Selberg'а И. В. Чулановский в работах (1, 2) получил оценки сверху некоторых теоретикочисловых функций. В данной работе комбинированием элементарного метода с аналитическим методом улучшен остаточный член известных оценок сверху, получены некоторые новые оценки.

Обозначения. p — простое число; k, l (с индексами или без них), u, a, b — натуральные; (l, k) = 1; u_1, \ldots, u_{m-1} — целые (m — фиксированное натуральное); h, x, z — действительные положительные (h не зависит от x); c — произвольная постоянная; постоянная $\delta < 1$. Символ O зависит только от m, c, δ (а в теореме δ от постоянного D_0).

Теорема 1. Пусть $Z_h(k; u_i; x)$ обозначает число простых чисел в интервале (h, h+x), принадлежащих прогрессии kn+l и таких, что $|p+u_1|, \ldots, |p+u_{m-1}|$ тоже простые; тогда при $m \geqslant 2$, $k=O(x^{\delta})$, $\ln u_i = O(\ln^c x)$ $(i=1, \ldots, m-1)$

$$Z_h(k; u_i; x) \leqslant \frac{m!x}{k \ln^m \frac{x}{k}} \prod_{p} \frac{1 - \frac{\omega(p)}{p}}{\left(1 - \frac{1}{p}\right)^m} \left(1 + O\left(\frac{\ln \ln x}{\ln x}\right)\right), \tag{1}$$

где $\omega(p)$ — число решений сравнения (относительно n)

$$(kn+l)\prod_{i=1}^{m-1}(kn+l+u_i)\equiv 0\pmod{p}.$$

Доказательство. В основе доказательства лежит метод A. Selberg'a (3) (см. также (1 , 2 , 4)). И. В. Чулановский (1) удачно преобразовал основное неравенство Selberg'a. Из его работы легко следует, что

$$Z_h(k; u_i; x) \leqslant \frac{x}{k \sum_{n \leqslant z} \frac{\omega(n)}{n}} + O(z^2 \ln^{2m} z), \tag{2}$$

где $\omega(n)$ вполне мультипликативна, образована с помощью $\omega(p)$; z выбирается подходящим образом. Задача сводится к оценке снизу суммы, стоящей в знаменателе. И. В. Чулановский оценивал ее элементарными средствами. Один частный случай суммы подобного рода рассмотрен в работе (5).

Для оценки суммы в общем виде мы применим аналитический метод.

Для этого рассмотрим ряд Дирихле

$$f(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega(n)}{n^s} = \prod_{p} \frac{\left(1 - \frac{1}{p^s}\right)^m}{1 - \frac{\omega(p)}{p^s}} \zeta^m(s);$$
 (3)

травое равенство есть следствие тождества Эйлера (см., например, (6), георема 27); $\zeta(s) - \zeta$ -функция Римана. Обычными приемами (путем переноса контура интегрирования через полюс подинтегральной функции в точке s=1) получаем асимптотическую формулу для сумматорной функции $\sum_{n\leqslant z}\omega(n)$; при подсчете вычета учитывается зависимость функции f(s) от параметров u_1,\ldots,u_{m-1} . Результат таков: при

$$\sum_{n \leqslant z} \omega(n) = \frac{z \ln^{m-1} z}{(m-1)!} \prod_{p} \frac{\left(1 - \frac{1}{p}\right)^m}{1 - \frac{\omega(p)}{p}} \left(1 + O\left(\frac{\ln \ln U}{\ln z}\right)\right),\tag{4}$$

причем остаточный член равенства (4) улучшить нельзя. Отсюда, используя абелевское суммирование, а затем неравенство (2), уже нетрудно получить требуемое неравенство (1).

Теорема Чулановского (1, 2) вытекает из теоремы 1 при h=0

с лучшим остаточным членом.

 $U = \max |u_i| = O(\exp \ln^c z)$

Замечание. Аналогично теореме 1 при m=1 получается оценка разности известной функции числа простых: при $k=O\left(x^{\delta}\right)$

$$\pi\left(h+x;\ k,\ l\right)-\pi\left(h;\ k,\ l\right)\leqslant\frac{2x}{\varphi\left(k\right)\ln\frac{x}{k}}\left(1+O\left(\frac{\ln\ln x\ln\ln\ln x}{\ln x}\right)\right).$$

Следствие. Обозначим $A_1(k_1, k_2; u)$ — число решений уравнения $u=p^{(1)}+p^{(2)}$ в простых числах $p^{(i)}\equiv l_i\pmod{k_i}$, i=1,2; тогда при $(k_1,k_2)=1,1\leqslant k_1k_2=0$ (u^8)

$$\begin{split} A_{1}\left(k_{1},\ k_{2};\ u\right) &\leqslant 8\left(1+\omega\left(2\right)\right) \prod_{p>2} \frac{p\left(p-2\right)}{(p-1)^{2}} \prod_{\substack{p>2\\p\mid k_{1}k_{2}}} \frac{(p-1)^{2}}{p\left(p-2\right)} \times \\ &\times \prod_{\substack{p>2\\p\mid u,\ p\neq k_{1}k_{2}}} \frac{p-1}{p-2} \frac{k_{1}k_{2}}{\varphi^{2}\left(k_{1}k_{2}\right)} \frac{u}{\ln^{2}\frac{u}{k_{1}k_{2}}} \left(1+O\left(\frac{\ln\ln u}{\ln u}\right)\right), \end{split}$$

где

$$\omega(2) = \begin{cases} 0, & 2/k_1k_2, \\ 1, & 2 \nmid k_1k_2. \end{cases}$$

Доказательство вытекает из теоремы 1 при m=2. Теорема 4 из работы $\binom{1}{2}$ вытекает отсюда при $k_1=k_2=1$ с лучшим остаточным членом.

Теорема 2. Обозначим $A_2(a, b; u)$ — число решений уравнения $u = ap^{(1)} + bp^{(2)}$ в простых числах $p^{(1)}$, $p^{(2)}$; тогда при взаимно простых $a = ap^{(1)} + bp^{(2)}$ в простых $a = ap^{(1)} + bp^{(2)}$ $a = ap^{(1)} + bp^{(2)}$ $a = ap^{(1)} + bp^{(2)}$ $a = ap^{(1)}$

 $a, b, u, 1 \leqslant ab = O(u^{\delta})$

$$A_{2}(a, b; u) \leqslant 16 \prod_{p>2} \frac{p(p-2)}{(p-1)^{2}} \prod_{\substack{p>2 \\ p|abu}} \frac{p-1}{p-2} \frac{u}{ab \ln^{2} \frac{u}{ab}} \Big(1 + O\left(\frac{\ln \ln u}{\ln u}\right)\Big).$$

Доказательство. Для доказательства этой теоремы теорема 1 обобщается на прогрессии с разными модулями $k_1 \neq k_2$, рассматривается число решений $\omega(p)$ сравнения (относительно n)

 $(k_1n + l_1)(k_2n + l_2) \equiv 0 \pmod{p}.$

Теорема 3. Обозначим $\pi_2(x; D_0)$ число простых чисел $p \leqslant x$ в форме $p=n^2+D_0$, $n=1,\ 2,\ \ldots,\ (-D_0)$ не равно точному квадрату; тогда

$$\pi_2\left(x;\;D_0\right)\leqslant\frac{4}{2}\prod_{\substack{p>2\\ \chi\left(2\right)}}\prod_{\substack{p>2\\ (p-1)\;(p-\chi\left(p\right))}}\frac{p\;(p-1-\chi\left(p\right))}{L\;(1,\;\chi)}\;\frac{\sqrt{x}}{\ln\sqrt{x}}\left(1+O\left(\frac{\ln\ln x}{\ln x}\right)\right),$$

где $\chi = \chi(n, k)$ — действительный характер, основной модуль которого

 $k \leqslant 4 |D_0|$ (см. (6), стр. 31); $L(s, \chi) - L$ -функция Дирихле.

Доказательство. Рассматривается сравнение $n^2+D_0\equiv 0\ (\text{mod }p)$, левая часть которого не разлагается на линейные множители. Число решений этого сравнения

$$\omega(p) = \begin{cases} 1, & \text{если } p = 2, \\ 1 + \chi(p), & \text{если } p \geqslant 3. \end{cases}$$

Далее, рассматривается функция f(s) (3), которая связывается с произведением $\zeta(s)L(s)$. Доказательство в основном такое же, как в теореме 1, используются некоторые сведения из теории L-функций Дирихле.

Саратовский государственный педагогический институт

Поступило 29 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. В. Чулановский, ДАН, **63**, № 5 (1948). ² И. В. Чулановский, О некоторых элементарных методах в теории распределения простых чисел, Автореферат диссертации, 1953. ³ А. Selberg, Norske Vid., Trondhjem, 19, № 18 (1947). ⁴ Е. П. Ожигова, Усп. матем. наук, **8**, в. 3 (55), (1953). ⁵ Н. Shapiro, J. Warga, Comm. on Pure and Appl. Math., **3**, No 2 (1950). ⁶ Н. Г. Чудаков, Введение в теорию *L*-функций Дирихле, 1947.

М. А. КРАСНОСЕЛЬСКИЙ, С. Г. КРЕЙН и П. Е. СОБОЛЕВСКИЙ

) ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЯХ С НЕОГРАНИЧЕННЫМИ ОПЕРАТОРАМИ В БАНАХОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 1 VI 1956)

В настоящей статье изучается уравнение

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + f(t, x), \tag{1}$$

де x(t) — искомая функция со значениями в банаховом пространстве E; $\mathbf{l}(t)$ и f(t,x) — операторы, действующие в E, причем A(t) при каждом t — еограниченный замкнутый линейный оператор. Для уравнения (1) ищется ешение, удовлетворяющее начальному условию

$$x\left(0\right) = x_0,\tag{2}$$

де x_0 принадлежит области определения D(A) оператора A(0).

К решению уравнения типа (1) с начальным условием (2) в ряде случаев водится смешанная задача и задача Коши для параболических и гипербоических уравнений. К решению такого же уравнения можно свести (укаанным в (1) методом) систему уравнений Навье — Стокса для задачи о не-

становившемся движении вязкой жидкости в замкнутом сосуде.

Исследование уравнения (1) проводится методами теории полугрупп 2), в связи с чем предполагается, что при каждом t оператор A(t) является роизводящим оператором сильно непрерывной полугруппы ограниченых операторов $T(\xi)$ ($\xi>0$). Как известно, такими операторами являются амкнутые операторы со спектром в левой полуплоскости, резольвенты корых ведут себя определенным образом при удалении от спектра (2). В частности, производящими операторами будут нормальные операторы гильбертовом пространстве со спектром в левой полуплоскости, эллиптические дифференциальные операторы любого порядка при определенных граичных условиях (3), сильно эллиптические операторы в смысле Вишика 4) и др.

1. Рассмотрим вначале случай линейного уравнения

$$\frac{dx}{dt} = Ax + f(t) \tag{3}$$

не зависящим от t оператором A.

Через Q обозначим линейный оператор

$$Qx(t) = \int_{0}^{t} T(t-\tau) x(\tau) d\tau.$$
 (4)

В (5) показано, что оператор Q действует и непрерывен в пространствах — непрерывных функций и C_1 — непрерывно дифференцируемых функий со значениями в E. Этот результат можно дополнить.

T e o p e м a $\ 1.\ a)$ Оператор $\ Q$ действует и непрерывен в пространстве функций, удовлетворяющих условию Липииица. Если полугруппи $\ T(\xi)$

непрерывна "по норме при $\xi > 0$ (условие C_u^{γ} по Xиллу), то Q действует из C_L в C_1 и непрерывен. б) Если оператор A^{-1} вполне непрерывен, то Q, рассматриваемый

как оператор, действующий из C_L в C, вполне непрерывен.

T е о р е м а 2. Пусть $T(\xi)$ удовлетворяет условию C_u , a f(t) непрерывна и имеет сильно ограниченную вариацию. Тогда при $x_0 \in D(A)$ формула

$$x(t) = T(t) x_0 + \sqrt[4]{q} f(t)$$
 (5)

определяет решение задачи (1) - (2).

Последний факт был ранее установлен * Филлипсом (5) без предположения о выполнении условия \tilde{C}_u , но для непрерывно дифференцируемой f(t). Заметим, что условие C_u выполнено, например, для отрицательного самосопряженного оператора.

2. Линейное однородное уравнение с переменным оператором A(t):

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x \tag{6}$$

рассматривалось Като (6). Им было установлено существование оператора U(t,s) $(t\geqslant s)$ сильно непрерывного по t и s, обладающего тем свойством, что функция $x(t) = U(t, s)x_0$ является решением (6) с начальным условием $x(s) = x_0$. При этом предполагалось, что резольвенты замкнутых операторов A(t) при всех t удовлетворяют неравенствам

$$||R(\beta)|| = ||(\beta I - A(t))^{-1}|| \le \frac{1}{1+\beta} \quad (\beta > -1),$$
 (7)

что имеет место, например, если A(t) — нормальные операторы, спектры которых лежат левее прямой $\text{Re } \lambda = -1$. Кроме этого, на зависимость оператора A(t) от t налагался ряд дополнительных условий, которые, как это следует из теоремы 3, сводятся к одному:

 α) Оператор $C(t) = A(t) \frac{d}{dt} A^{-1}(t)$ ограничен и сильно непрерывен

Здесь и в дальнейшем производные понимаются в сильном смысле. Теорема 3. Пусть выполнено условие α). Тогда: 1) операторы A(t) имеют общую область определения; 2) операторы $B(t, s) = A(t)A^{-1}(s)$ непрерывны по норме по совокупности переменных t и s; 3) производная $\partial B(t, s)/\partial t$ сильно непрерывна по t при каждом s. Если выполнены условия 1) и 3), то выполнено условие α).

3. В (6) изучено также неоднородное линейное уравнение

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + f(t) \tag{8}$$

и показано, что его решение, удовлетворяющее условию (2), может быть получено по формуле

$$x(t) = U(t, 0) x_0 + Qf(t),$$
 (9)

где

$$Qf(t) = \int_{0}^{t} U(t,s) f(s) ds.$$
 (10)

В случае A(t)=A(0) оператор (10) совпадает с оператором (4). Кроме других предположений Като требует, чтобы значения функции f(t) при всех t принадлежали общей области определения операторов A(t). Это требование в задачах математической физики, сводящихся к уравнению

^{*} В (4) утверждается, что (5) дает решение (1) при непрерывной функции $f(t) \in D(A)$, если A действует в гильбертовом пространстве. Доказательство в (4) неполно; нам кажется, что и утверждение неверно.

(1), в большинстве случаев не выполняется и ярляется, на наш взгляд, неестественным. В связи с этим важна следующая теорема.

Теорема 4. Пусть выполнены условия (7) и α). Тогда формула (9) определяет решение уравнения (8), если f(t) непрерывно дифференцируема.

Оператор Q является непрерывным оператором в C_1 .

При доказательстве теоремы 4 была использована формула, являющаяся обобщением леммы Данфорда из теории полугрупп (см. (²), стр. 227) и представляющая, как нам кажется, самостоятельный интерес:

$$\int_{\alpha}^{\beta} U(t,s) A(s) x ds = U(t,\alpha) x - U(t,\beta) x \qquad (x \in D(A)).$$
 (11)

Из этой формулы вытекает также, что оператор $U\left(t,s\right)$ по второй переменной удовлетворяет сопряженному к (6) уравнению

$$\frac{d}{ds}U(t,s)x = -U(t,s)A(s)x \quad (x \in D(A)).$$
(12)

4. Перейдем к рассмотрению нелинейного уравнения (1). Обобщенным решением этого уравнения с начальным условием (2) будем называть функцию x(t), удовлетворяющую операторному уравнению

$$x(t) = Qf[t, x(t)] + U(t, 0)x_0.$$
(13)

Это определение оправдывается тем, что решение уравнения (13) будет обычным решением уравнения (1), если, например, функция f[t, x(t)] непрерывно дифференцируема по t.

Через S_0 обозначим некоторый шар пространства E с центром в x_0 и

через Δ — некоторый отрезок [0, a], a>0.

Для доказательства существования решений у уравнения (13) можно пользоваться различными принципами неподвижной точки. Например, из принципа, указанного в (7), вытекает следующая теорема.

Теорема 5. Пусть $f(t, x) = f_1(t, x) + f_2(t, x)$, причем операторы $f_1(t, x)$ и $f_2(t, x)$ непрерывны на топологическом произведении $\Delta \times S_0$, первый из них вполне непрерывен, а второй удовлетворяет условию Липшица

$$||f_2(t,x) - f_2(t,y)|| \le L ||x-y|| \quad (t \in \Delta; x, y \in S_0);$$
 (14)

Пусть оператор A(t) удовлетворяет условиям теоремы 4 или постоянен. Тогда уравнение (1) имеет по крайней мере одно обобщенное непрерывное решение, определенное на некотором сегменте $[0,h] \subset \Delta$ и удовлетворяющее начальному условию (2).

Если f(t,x) обладает определенной гладкостью, то в ряде случаев удается показать, что обобщенные решения, существование которых вытекает из

теоремы 5, являются обычными решениями уравнения (1).

Теорема 6. Пусть оператор A(t) удовлетворяет условиям теоремы 4 или постоянен. Пусть оператор f(t,x) на $\Delta \times S_0$ имеет непрерывные по совокупности переменных частные производные $f'_t(t,x)$ и $f'_x(t,x)$ (производная понимается в смысле Фреше), удовлетворяющие по x условию Липшица $(f'_t(t,x))$ — по норме пространства $E, f'_x(t,x)$ — по норме пространства линейных операторов над E).

Тогда существует решение уравнения (1), определенное на некотором

отрезке $[0, h] \subset \Delta$ и удовлетворяющее условию (2).

5. В качестве примера укажем уравнение

$$\frac{\partial u}{\partial t} = p(t, s) \frac{\partial^2 u}{\partial s^2} + q(t, s) \frac{\partial u}{\partial s} + r(t, s) u + f(t, s, u)$$
 (15)

с граничными условиями $u(t, 0) = u(t, 1), \partial u(t, 0)/\partial s = \partial u(t, 1)/\partial s$ и начальным условием $u(0, s) = \varphi(s)$, где $\varphi(s)$ — дважды непрерывно дифференцируемая функция, причем $\varphi(0) = \varphi(1), \varphi'(0) = \varphi'(1)$.

Будем предполагать, что функции p, q, r, $\partial p/\partial t$, $\partial q/\partial t$, $\partial r/\partial t$, $\partial p/\partial s$, $\partial q/\partial s$, $\partial^2 p/\partial s^2$ непрерывны по совокупности переменных и что

$$p > 0$$
, $r \leqslant 0$, $\frac{\partial^2 p}{\partial s^2} - \frac{\partial q}{\partial s} + r \leqslant 0$. (16)

Функцию f(t, s, u) будем считать непрерывной по совокупности переменных вместе со своими производными $f_t', f_u', f_{uu}'', f_{uu}''$.

Уравнение (15) в случае, когда f(t, s, u) периодична (с периодом I) по s и не зависит от u, а также удовлетворяет дополнительным требованиям гладкости, рассмотрено Като в (6).

Из теоремы 6 вытекает локальная теорема существования решений уравнения (15), непрерывных по совокупности переменных вместе с первыми про-

изводными по t и s и второй производной по s.

Вторым примером может служить система дифференциальных уравнений с частными производными

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = L\left(\frac{\partial}{\partial \dot{x}}\right)\mathbf{u} + \mathbf{f}(t, \mathbf{u}),\tag{17}$$

где u (t) — n-мерная вектор-функция; L — сильно эллипический оператор в смысле Вишика. Из теоремы 6 вытекает локальная теорема существования решений у смешанной задачи для уравнения (17) с нулевыми граничными условиями, если вектор-функция $\mathbf{f}(t,\mathbf{u}) = \{f_i(t;x_1,\ldots,x_k;u_1,\ldots,u_n)\}$ имеет достаточно гладкие компоненты, удовлетворяющие неравенству

$$|f_i(t; x_1, ..., x_h; u_1, ..., u_n)| \le a + b \sum_{j=1}^n |u_j| \quad (-\infty < u_j < \infty).$$
 (18)

6. Теоремы существования обобщенных решений для важных классов линейных уравнений типа (8) получены в работах M. И. Вишика и О. А. Ладыженской (см., например, $\binom{8,9}{}$)). Решение x(t), полученное ими, можно рассматривать как значения некоторого оператора Q_1 от свободного члена f(t). Было бы интересно дополнить исследования этих авторов изучением оператора Q_1 в различных пространствах.

Поступило 31 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. Г. Крейн, ДАН, **93**, № 6 (1953). ² Э. Хилл, Функциональный анализ и полугруппы, ИЛ, 1951. ³ Р. D. Lах, А. N. Міlgrаm, Ann. of Math. Stud., No. 33, 167 (1954). ⁴ В.Э.Лянце, Матем. сборн., 35 (77), 62 (1954). ⁵ R. S. Phillips, Trans. Am. Math. Soc., **74**, No. 9 (1953). ⁶ Т. Қаtо, J. Math. Soc. Japan, **5**, No. 2 (1953). ⁷ М. А. Красносельский, Усп. матем. наук, **10**, в. 1 (63) (1955). ⁸ М. И. Вишик, ДАН, **97**, № 2 (1954). ⁹ О. А. Ладыженская, ДАН, **102**, № 2 (1955).

Б. Р. ЛАВРУК

УСЛОВИЕ РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТИПА

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 28 VI 1956)

В этой заметке с помощью формул типа Грина проведены исследования для одной граничной задачи; полученные результаты аналогичны результатам работ $(^{1-3})$ для первой граничной задачи. Настоящая работа примыкает к заметке (4), обозначения и некоторые результаты которой здесь будут использованы.

Пусть

$$A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right) = \sum_{i=1}^{n} A_{ij}\left(x\right) \frac{\partial^{2}}{\partial x_{i} \partial x_{j}} + \sum_{i=1}^{n} A_{i}\left(x\right) \frac{\partial}{\partial x_{i}} + A\left(x\right)$$

дифференциальный оператор, коэффициенты которого $A_{ij}(x)$, $A_{i}(x)$, A(x) $(i, j = 1, \ldots, n)$ — квадратные матрицы порядка p, непрерывно дифференцируемые, соответственно, t+3, t+2, t+1 раз $(t \geqslant 1)$ в некоторой области D точек $x=(x_1,\ldots,x_n)$. Предполагается, что оператор $A\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right)$ эллиптического в D типа. Пусть V — выпуклая область, лежащая в D вместе со своей (t+2)-кратно гладкой границей S. Пусть, наконец.

$$B(y, \frac{\partial}{\partial x}) = \sum_{i=1}^{n} B_i(y) \frac{\partial}{\partial x_i} + B(y)$$

дифференциальный оператор с коэффициентами $B_i(y), B(y)$ (i=1,...,n) квадратными матрицами порядка р, непрерывно дифференцируемыми

вдоль
$$S$$
, соответственно, $t+1$, t раз; $\det \sum_{i=1}^{n} B_{i}(y) \gamma_{i}(y) \neq 0 \ (y \in S), \gamma(y) =$

 $= (\mathsf{v}_1(y), \, \ldots, \, \mathsf{v}_n(y)) -$ единичный вектор внутренней нормали к S в точке у.

Рассматривается граничная задача

$$A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right)u\left(x\right) = 0 \quad (x \in V) \tag{I_0}$$

$$A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right) u\left(x\right) = 0 \quad (x \in V)$$

$$\lim_{x \to y} B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right) u\left(x\right) = f\left(y\right) \quad (y \in S).$$
(II)

Требуется найти непрерывное в $V \cup S$, дважды непрерывно дифференцируемое в V решение $u\left(x\right)$ системы (I_0) , для которого существует

равномерный относительно $y \in S$ предел $\lim_{x \to y} \sum_{i=1}^n B_i(y) \frac{\partial u(x)}{\partial x_i}$ при стремле-

нии точки $x \in V$ к точке y по нормали $\mathsf{v}\left(y\right)$ и которое удовлетворяет граничным условиям (2). f(y) — заданный непрерывный на S столбец.

Предполагается, что граничные задачи, соответствующие операторам $\left(A\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right),\ B\left(y,\frac{\partial}{\partial x}\right)\right), \left(A^*\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right),\ B^*\left(y,\frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ (4) приводимы к регулярным интегральным уравнениям (5) *.

Пусть $G_0(x, y)$ $(x \in V, y \in S)$ — построенная в (5) матрица, соответствующая задаче (I_0) , (II). С помощью формулы (4) из (4), аналогично тому, как доказано в (1), доказывается следующая лемма.

 Π емма 1. Существует матрица G(x, y), обладающая всеми свойствами матрицы $G_0(x,y)$ и тем свойством, что для всякого непрерывно дифференцируемого в $V\cup S$, дважды непрерывно дифференцируемого в V решения $u\left(x
ight)$ системы $\left(\mathrm{I}_{\mathrm{0}}
ight)$ можно найти такую непрерывную на Sматрицу $\mu(y)$, что

$$\lim_{x \to y} B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right) \left\{ u\left(x\right) - \int_{S} G\left(x, z\right) \mu\left(z\right) d_{z}\left(S\right) \right\} = 0$$

(при стремлении точки $x \in V$ к точке $x \in S$, например, по нормали y(y)). Лемма 2. Многообразие решений уравнения

$$\lambda(y) + \int_{S} \lambda(z) B(z, \frac{\partial}{\partial z}) G(z, y) d^{z}S = 0$$

взаимно-однозначно и линейно отображается по формуле

$$v(x) = -\int_{S} \left\{ B\left(z, \frac{\partial}{\partial z}\right) \omega(z, x) \right\}^{*} \lambda^{*}(z) d_{z}S$$

на многообразие решений граничной задачи

$$A^*\left(x,\,\frac{\partial}{\partial x}\right)v\left(x\right) = 0 \qquad (x \in V),\tag{I_0^*}$$

$$\lim_{x \to y} B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right) v(x) = 0 \quad (y \in S), \tag{II}_0^*$$

еде $\omega(x, y)$ — нормальная фундаментальная матрица для оператора $A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right)$ (6). Формула обращения имеет вид

$$\lambda(y) = v^*(y) \quad (y \in S).$$

Доказательство легко получить с помощью леммы 1, если заметить $B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right) \int \left\{ B\left(z, \frac{\partial}{\partial z}\right) \omega\left(z, x\right) \right\}^* (z_i - y_i) \ d_z S \quad (i = x_i)$ непрерывность матриц

 $=1,\ldots,n$) при переходе точки $x\in V$ через точку y. Из формулы (4) из (4) и леммы 2 следует теорема 1.

Tеорема I. Для того чтобы задача (I_{0}) , (II) была разрешима, необходимо и достаточно, чтобы для любого решения $v\left(x
ight)$ задачи (I_0) , (II_0)

$$\int_{S} v^*(y) f(y) dS = 0.$$

B частности, для разрешимости задачи (${
m I_0}$), (${
m II}$) при любом столбце f (y) необходима и достаточна однозначная разрешимость задачи $(I_0), (II_0)^{**}.$

^{*} Граничная задача, соответствующая оператору $\left(A^*\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right),\ B^*\left(y,\frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$, понимается аналогично (I_0) , (II). ** Однозначно разрешимые задачи (I_0), (II) рассмотрены в (4).

Пусть $\widetilde{\lambda}_1(y), \ldots, \widetilde{\lambda}_l(y)$ — полная система собственных решений уравения

$$\widetilde{\lambda}(y) = \int_{S} \widetilde{\lambda}(z) B^*(z, \frac{\partial}{\partial z}) \widetilde{G}(z, y) d_z S = 0,$$

де $\widetilde{G}(x,y)$ — матрица, построенная для оператора $\left(A^*\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right),B^*\left(y,\frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ налогично тому, как построена матрица G(x,y) для оператора $A\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right)$, $B\left(y,\frac{\partial}{\partial x}\right)$. Пользуясь леммой 2, получаем представление побого решения задачи (I_0), (II) в виде

$$u(x) = \int_{S} G(x, z) \mu(z) d_{z}S + \int_{S} \left\{ B^{*}\left(z, \frac{\partial}{\partial z}\right) \omega^{*}(x, z) \right\}^{*} \widetilde{\lambda}^{*}(z) d_{z}S \cdot c,$$

де $\mu(y)$ удовлетворяет уравнению

$$\mu(y) + \int_{S} B\left(y, \frac{\partial}{\partial y}\right) G\left(y, z\right) \mu(z) d_{z}S = f(y),$$

матрица $\widetilde{\Lambda}(y)=(\widetilde{\lambda}_i(y))_{i=1}^l$, а c — произвольный постоянный столбец.

T е о р е м а 2. E сли c столбец f(y) (t-1)-кратно непрерывно дифреренцируем вдоль S, его производные порядка t-1 удовлетворяют на S условию Γ ельдера и задача (I_0) , (II) разрешима, то любое ее решение (t+1)-кратно непрерывно дифференцируемо в V и t-кратно непрерывно дифференцируемо в V и V-кратно вплоть до V и V-кратно порядка V-кратно V-

Доказательство намечено в (4).

Имеет место непрерывная зависимость возможно неединственного решения (и его производных до порядка t в $V \cup S$ в условиях теоремы 2)

от столбца f(y) (и его производных до порядка t-1).

Доказана также (методом, указанным в (3)) непрерывная зависимость возможно неединственного решения задачи (I_0), (II) (и его производных до порядка t) от коэффициентов операторов $A\left(x,\frac{\partial}{\partial x}\right)$, $B\left(y,\frac{\partial}{\partial x}\right)$ столбца $f\left(y\right)$ (и их производных) и области в случае однозначной разрешимости задачи (I_0^*), (II_0^*).

В заключение выражаю искреннюю благодарность Я. Б. Лопатин-

скому за руководство работой.

 ${\it Львовский государственный университет им. Ив. Франко}$

Поступило 27 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Я. Б. Лопатинский, Докл. АН УРСР, № 1 (1956). ² Я. Б. Лопатинский, Докл. АН УРСР, № 2 (1956). ⁸ Я. Б. Лопатинский, Докл. АН УРСР, № 3 (1956). ⁴ Б. Р. Лаврук, Докл. АН УРСР, № 3 (1956). ⁵ Я. Б. Лопатинский, Укр. матем. журн., 5, 123 (1953). ⁶ Я. Б. Лопатинский, Укр. матем. журн., 3, 290 (1951).

MATEMATUKA

с. м. никольский

ГРАНИЧНЫЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИЙ НА ОБЛАСТЯХ С УГЛАМИ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 22 VI 1956)

Будем рассматривать классы функций $H_p^{(r)}$ ($1 \leqslant p \leqslant \infty$, r > 0), определенные в наших работах (2 , 3). Мы ограничимся рассмотрением функций двух переменных f = f(x, y), заданных на всей плоскости x, y и принадлежащих $H_p^{(r)}$, но результаты можно перенести на случай n переменных; об этом ниже делается соответствующее замечание.

Пусть G есть двумерная ограниченная область, граница которой Γ состоит из конечного числа гладких кусков, каждый из которых непрерывно дифференцируем r+2 раза $(r=r+\alpha,\ r-$ целое, $0<\alpha\leqslant 1)$. Предполагается, что два соседних куска на стыках образуют углы ω ,

удовлетворяющие неравенствам $0 < \omega < 2\pi$.

Выберем на Γ начальную точку и будем от нее отсчитывать длину дуги s контура Γ в положительном направлении. Если Γ_h — один из гладких кусков, то можно рассматривать функции $\varphi = \varphi(s)$, определенные на Γ_h , принадлежащие к классу $H_\rho^{(\rho)}(\Gamma_h)$ ($1 \le \rho \le \infty$, $\rho > 0$) ((3) § 4).

Мы еще будем рассматривать для ρ целых функции $\varphi(s) \in W_p^{(e)}(\Gamma_k)$, имеющие интегрируемые в p-й степени производные в смысле Соболева до порядка ρ включительно и абсолютно непрерывные производные порядка $\rho-1$.

Если на плоскости задана функция $f(x,y) \in H_p^{(r)}$, то для всех натуральных $\lambda = 0, 1, 2, \ldots$, удовлетворяющих неравенству

$$r - \lambda - \frac{1}{p} > 0, \tag{1}$$

имеет смысл говорить о граничных функциях

$$\left. \frac{\partial^{\lambda} f}{\partial n^{\lambda}} \right|_{\Gamma} = \varphi_{\lambda}(s), \tag{2}$$

во всяком случае в смысле сходимости в среднем L_p ((3), § 4) для от-

дельных гладких кусков Γ_k контура Γ ((5), § 1).

Пусть функция f(x, y) имеет непрерывные частные производные порядков, меньших числа ρ . Мы можем определить на Γ граничные функции (2) для $\lambda < \rho$. Очевидно, $\varphi_0(s)$ непрерывна на Γ , но если $\lambda > 0$, то $\varphi_\lambda(s)$ непрерывны, вообще говоря, только на отдельных гладких кусках Γ_h контура Γ . В углах A_h функции $\varphi_\lambda(s)$ могут иметь разрывы. Однако числа

$$\varphi_{\lambda}(s_{k}+0), \ \varphi_{\lambda}(s_{k}-0) \quad (\lambda=0,1,\ldots<\rho)$$
 (3)

связаны определенными соотношениями; например, в случае, если A_k — прямой угол со сторанами, параллельными осям x и y, эти связи выглядят так:

$$\frac{\partial^{\mu}\varphi_{\lambda}(s_{k}+0)}{\partial s^{\mu}} = (-1)^{\lambda} \frac{\partial^{\lambda}\varphi_{\mu}(s_{k}-0)}{\partial s^{\lambda}} \quad (0 \leqslant \lambda, \ \mu < \rho).$$

Пусть теперь задана на Γ произвольная система $\{\varphi_{\lambda}(s)\}$ функций $arphi_{\lambda}(s)$, непрерывных на каждом гладком куске Γ_{k} . Будем говорить, что она удовлетворяет условию $\mathfrak{M}_{A_k}^{(\rho)}$, если числа (3) удовлетворяют таким соотношениям, как если бы существовала на плоскости непрерывно дифференцируемая (ρ раз) функция f(x, y) такая, что имеет место (2) (для і. р.

Tеорема 1. Если $f(x, y) \in H_p^{(r)}$, то определенные при помощи (2) функции $\varphi_{\lambda}(s)$ при всех натуральных λ , удовлетворяющих (1), принадлежат соответственно к классам $H_p^{(r-\lambda-1)p)}(\Gamma_k)$ для всех гладких кусков Γ_k контура Г и имеют место неравенства *

$$\parallel \varphi_{\lambda} \parallel_{L_{p}(\Gamma_{h})}^{(r-\lambda-1|p)} \leqslant c \parallel f \parallel_{L_{p}}^{(r)}. \tag{4}$$

Кроме того, функции $arphi_{\lambda}$ удовлетворяют соотношениям $\mathfrak{M}_{A_h}^{(r-2/p)}$ для всех

угловых точек A_k контура Γ .

1)

Теорема 2. Пусть г - 0 и на кусочно-гладком контуре Г для каждого натурального $i \geqslant 0$, удовлетворяющего (1) и такого, что r-i. — $-1/p=r_{\lambda}=r_{\lambda}+lpha_{\lambda}$ $(r_{\lambda}-$ целое, $0<lpha_{\lambda}\leqslant 1,\ lpha_{\lambda}=1/p)$, заданы функции (s), обладающие следующими свойствами:

$$arphi_{\lambda}\in H_{p}^{(r-\lambda-1|p)}\left(\Gamma_{k}
ight)$$
 для $r-\lambda-rac{1}{p}$ нецелого; $arphi_{\lambda}\in W_{p}^{(r-\lambda-1|p)}\left(\Gamma_{k}
ight)$ для $r-\lambda-rac{1}{p}$ целого,

каков бы ни был гладкий кусок Γ_k контура Γ .

2) Функции φ_{λ} в угловых точках A_{h} контура Γ удовлетворяют соотношению $\mathfrak{M}_{A_h}^{(r-2/p)}$ для r-1/p нецелого и $\mathfrak{M}_{A_h}^{(r-1/p)}$ для r-1/p целого.

Tогда на плоскости (x, y) существует функция $f(x, y) \in H_{y}^{(r)}$ такая, что

$$\|f\|_{\mathcal{L}_{p}}^{(r)} \leqslant c \sum_{\lambda, \Gamma_{k}} \|\varphi_{\lambda}\|_{\mathcal{L}_{p}(\Gamma_{k})}^{(r-\lambda-1/p)} = c \|\overline{\varphi}\|, \qquad (5)$$

где сумма распространена на все к, удовлетворяющие (1), и все гладкие куски $\Gamma_k \subset \Gamma$.

Теперь введем в рассмотрение пространство $\overline{H}_{p}^{(r)}(\Gamma)$, элементами которого будем считать конечные системы

$$\widetilde{\phi} = \{ \phi_1, \ \phi_2, \ldots \}$$

функций φ_{λ} , определенных на Γ , для которых имеет место (1) и условия 1) и 2) теоремы 2. Норму $\| \varphi \|$ мы определим как в (5). $\overline{H}_p^{(r)}(\Gamma)$ есть пространство типа (B). В терминах $H_p^{(r)}$ и $\overline{H}_p^{(r)}$ (Γ) теоремы 1 и 2 интерпретируются так:

Равенства (2) определяют линейный ограниченный оператор, отображающий пространство $H_p^{(r)}$ типа (B) во все пространство $\overline{H}_p^{(r)}$ типа (B). Этот оператор, таким образом, непрерывно обратим.

^{*} $\|f\|_{L_p}^{(r)} = \|f\|_{L_p} + M$, $\|\phi\|_{L_p(r)}^{(r)} = \|\phi\|_{L_p(r)} + M_1$, где M и M_1 —соответственно, наименьшие константы, с которыми f и ϕ входят в $H_p^{(r)}$ и $H_p^{(r)}$ (Г) (или $W_p^{(r)}(\Gamma)$, если по условию $\varphi \in W_n^{(r)}(\Gamma)$).

Как следствие из теорем 1 и 2 (при p=2) с помощью вариационного принципа (см. С. Л. Соболев (¹), а также (⁴) и (⁶)) можно получить следующую теорему вуществования для решения полигармонической задачи:

$$\Delta^{l}u = f(x, y)$$
 Ha G , $\frac{\partial^{\lambda}u}{\partial n^{\lambda}}\Big|_{\Gamma} = \varphi_{\lambda}$ $(\lambda = 0, 1, ..., l-1)$ (6)

в случае рассмотренной области G, ограниченной кусочно-гладким кон-

туром Γ .

Теорема 3. Если граничные функции φ_{λ} ($\lambda=0,1,\ldots,l-1$) принадлежат соответственно классам $H_2^{(l-\lambda-1|_2+\epsilon)}(\Gamma_k)$ ($0<\epsilon<^1/_2$) для каждого гладкого куска $\Gamma_k \subset \Gamma$ и удовлетворяют соотношениям $\mathfrak{M}_{A_k}^{(l)}$ и $f\in L_2(G)$, то существует в G единственная полигармоническая функция u, решающая граничную задачу (6) и обладающая свойством

$$\int_{G} \sum_{m+k=l} \frac{l!}{m!k!} \left(\frac{\partial^{l} u}{\partial x^{m} \partial y^{k}} \right)^{2} dG < \infty.$$

Соответствующий результат для гладкого контура см. (4).

Примечание. Методы, которые мы здесь применяем, распространяются на 3 (и вообще n) измерения для областей, особенности границ которых выглядят так, как у деформированных (невырожденным дифференцируемым r+2 раза преобразованием) кубов (n-мерных кубов).

Математический институт им. В. А. Стеклова Академии наук СССР Поступило 14 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. Л. Соболев, Некоторые применения функционального анализа в математической физике, ЛГУ, 1950. ² С. М. Никольский, ДАН, 88, 17 (1953). ³ С. М. Никольский, Матем. сборн., 33 (75), 2, 261 (1953). ⁴ С. М. Никольский, ДАН, 88, № 3, 409 (1953). ⁵ С. М. Никольский, Матем. сборн., 40 (82), в.3 (1956). ⁶ С. М. Никольский, Усп. матем. наук, 11, 6 (72) (1956).

MATEMATUKA

3. И. РЕХЛИЦКИЙ

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ В БАНАХОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

(Представлено академиком И. Г. Петровским 31 V 1956)

Вопросы устойчивости решений дифференциальных уравнений в банаковом пространстве были впервые рассмотрены М. Г. Крейном (1) и полупили дальнейшее развитие в работах М. А. Рутмана (2, 3) и др. М. Г. Крейн 1) рассматривал обыкновенные дифференциальные уравнения; М. А. Рутман (², ³) исследовал некоторые дифференциальные уравнения в частных производных.

За последнее время, в связи с решением различных задач автоматического регулирования, усилился интерес к уравнениям с так называемым запаздывающим аргументом. В настоящей работе, используя некогорые теоремы и методы из (²,³), нам удалось получить необходимые и достаточные критерии ограниченности решений линейных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом на полуоси $(0, \infty)$.

Рассмотрим комплексное пространство Банаха $\widetilde{\mathcal{C}}$. Обозначим через \widetilde{E} пространство непрерывных функций x=x(t) $(-\infty < t < \infty)$ с областью значений, принадлежащей $\widetilde{\mathscr{C}}$. Пусть $\widetilde{E}_0 {\subset} \widetilde{E}$ — подпространство непрерывных функций $\{x(t)\}$, аннулирующихся при $t \leq 0$.

Tеорема. Пусть оператор-функция A=A(t) (0 $\leqslant t<\infty$) удовле-

творяет условиям:

1) при каждом фиксированном t A(t) — линейный, ограниченный оператор, действующий в Е;

2) семейство операторов $\{A(t)\}$ компактчо: из всякой последовательности $\{A(t_n)\}$ можно выделить сильно сходящуюся часть;

3) существует сильная производная A'(t);

 $\lim \|A'(t)\| = 0.$

Для того чтобы краевая задача

$$\frac{dy}{dt} - A(t)y(t-a) = x(t) \quad (0 \leqslant t < \infty, \ a > 0);$$

$$y(t) = \varphi(t) \quad npu \quad t \leqslant 0$$
(1)

имела ограниченное решение $y\left(t
ight)$ при всяких непрерывных ограниченных $oldsymbol{x}(t)$ и $oldsymbol{arphi}(t)$, необходимо и достаточно, чтобы для каждого предельного оператора $A\omega$, порождаемого семейством $\{A\left(t
ight)\}$ при $t o\infty$, все корни zуравнения

$$1 - ze^{\lambda az} = 0 \tag{2}$$

для любого х из спектра А ω лежали вне единичного круга.

Доказательство теоремы проводим по следующему плану. Рассмотрим «скалярную» краевую задачу

$$\frac{dy}{dt} - \lambda y (t - a) = x(t) \qquad (0 \leqslant t < \infty),$$

$$y(t) = z(t) \qquad (t \leqslant 0).$$
(3)

Путем замены неизвестной функции она приводится к виду

$$\frac{dy}{dt} - \lambda y (t - a) = x_1(t) \quad (0 \leqslant t < \infty),$$

$$y(t) = \theta_1 \quad (t \leqslant 0),$$
(4)

где θ_1 — нулевой элемент пространства $\widetilde{\mathcal{E}}$.

Эта краевая задача эквивалентна операторному уравнению

$$y - \lambda SKy = Sx_1 = x,$$

$$y(t) = \theta_1 \quad (t \le 0),$$
(5)

где $Sx = \int_{0}^{t} x(\tau) d\tau$ и Kx = x(t-a). Ясно, что при $t = (n+1-\theta)a$ $(0 \leqslant \theta < 1)$

$$y(t) = (I - \lambda SK)^{-1} x = \sum_{k=0}^{n} \lambda^{k} S^{k} K^{k} x$$

или

$$y\left(t\right)=x\left(t\right)+\lambda\sum_{k=1}^{n}\int_{0}^{t}\frac{\lambda^{k-1}\left(t-\tau\right)^{k-1}}{\left(k-1\right)!}x\left(\tau-ka\right)d\tau.$$

Пусть

$$a_n(\theta) = \sum_{k=1}^n \int_0^{(n+1-\theta)a} \frac{\lambda^{k-1} \left[(n+1-\theta) a - \tau \right]^{k-1}}{(k-1)!} x (\tau - ka) d\tau.$$

Тогда

$$y(t) = x(t) + \lambda a_n(\theta).$$

Строим вспомогательную функцию $\sum_{n=1}^{\infty} a_n(\theta) z^{n-1}$. Можно показать, что имеет место формула:

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n(\theta) z^{n-1} = \frac{e^{\lambda a z}}{1 - z e^{\lambda a z}} \times$$

$$\times \int_{0}^{a} e^{-\lambda z \tau} \{x (\tau - \theta a) + x [\tau + (1 - \theta) a] z + x [\tau + (2 - \theta) a] z^{2} + \ldots \} d\tau. (6)$$

Пусть $\|x(t)\| \leqslant M$; тогда легко видеть, что $\|a_n(\theta)\|$ и, следовательно, $\|y(t)\|$ остаются ограниченными, если корни z уравнения

 $1-ze^{\lambda az}=0$ находятся вне единичного круга.

Если же один из корней z уравнения $1-ze^{\lambda az}=0$ находится внутри единичного круга, то при некоторой ограниченной функции x(t) правая часть формулы (6) будет иметь особую точку внутри единичного круга и $\overline{\lim} \|a_n(\theta)\| = \infty$, поэтому решение y(t) операторного уравнения (5) будет неограничено.

Случай, когда корни z попадают на границу едипичного круга, также риводит к неограниченному решению, так как можно подобрать такое раниченное $x\left(t
ight)$, чтобы функция в правой части формулы $\left(6
ight)$ на граце единичного круга имела один полюс 2-го порядка.

Возвращаясь к краевой задаче (4), т. е. полагая $x = Sx_1$, полу-

M:

виде

$$\begin{split} y &= (I - \lambda SK)^{-1} S x_1 = \Gamma_{\lambda} S x_1 = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k S^{k+1} K^k x_1 = \\ &= \frac{1}{\lambda} \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^{k+1} S^{k+1} K^{k+1} K^{-1} x_1 = \frac{1}{\lambda} (\Gamma_{\lambda} - I) K^{-1} x_1, \end{split}$$

е $K^{-1}x_1=x_1\,(t+a)$. Для скалярного случая теорема доказана.

Рассмотрим случай «постоянного» оператора A(t) = A, т. е. краевуюдачу

$$\frac{dy}{dt} - Ay(t - a) = x(t) \quad (0 \leqslant t < \infty),$$

$$y(t) = \varphi(t) \qquad (t \leqslant 0),$$
(7)

эторую приводим к виду:

$$\frac{dy}{dt} - Ay(t - a) = x_1(t) \quad (0 \leqslant t < \infty),
y(t) = \theta_1 \quad (t \leqslant 0).$$
(8)

Эта краевая задача эквивалентна операторному уравнению:

$$y - SKAy = Sx_1 = x,$$

$$y(t) = \theta_1 \quad (t \le 0),$$
(9)

ешение которого, согласно формуле (2) из (2), может быть представлено

$$y = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} (I - \lambda SK)^{-1} (A - \lambda I)^{-1} x \, d\lambda, \tag{10}$$

це γ — произвольный спрямляемый контур, внутри которого расположеы все точки спектра оператора A. Легко видеть, что операторы $-\lambda SK)^{-1}$ и $(A-\lambda I)^{-1}$ равномерно ограничены по норме при $\lambda \in \gamma$, и этому y(t) ограничено.

Доказательство обратного предложения ведется от противного.

Пусть при некотором λ , принадлежащем спектру оператора A, му ограниченному x(t) отвечает ограниченное решение; тогда, согласодной теореме M. A. Рутмана, оператор $(I-SKA)^{-1}$ будет огранинным по норме.

Однако, используя формулу (10), можно построить такую равномернораниченную последовательность $\{x_n(t)\}$, для которой последователь-

сть $\{y_n(t)\}$ не будет равномерно ограниченной.

Рассмотрим, наконец, случай «переменного» оператора A(t), т. е. аевую задачу (1), которую приводим к виду

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} - A(t)y(t-a) &= x(t) & (0 \leqslant t < \infty), \\ y(t) &= \theta_1 & (t \leqslant 0). \end{aligned} \tag{11}$$

Краевую задачу (11) рассматриваем в подпространстве $\tilde{E}_{t_0} \subset \tilde{E}_0$ функций, аннулирующихся при $t \leqslant t_0$. Она эквивалентна операторному уравнению

$$y - S_{t_0} KA(t_0) y = S_{t_0} x + S_{t_0} \left[\int_{t_0}^{\tau} A'(s) \, ds \, y(\tau - a) \right], \tag{12}$$

где $S_{t_0}x = \int_0^t x(\tau) d\tau$.

Согласно формуле (10) решение может быть представлено в виде

$$y(t) = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} (I - \lambda S_{t_0} K)^{-1} (A(t_0) - \lambda I)^{-1} \times \left\{ S_{t_0} x + S_{t_0} \left[\int_{t_0}^{\tau} A'(s) \, ds \, y(\tau - a) \right] \right\} d\lambda,$$
(13)

где ү — любой спрямляемый контур, внутри которого расположены все точки спектра оператора A (t_0). Операторы ($I - \lambda S_{t_0} K$) $^{-1} S_{t_0}$ и (A (t_0) — λI) $^{-1}$ равномерно ограничены по норме при t_0 и $\lambda \in \gamma$. Анализируя формулу (13), можно показать, что y (t) ограничено.

В доказательстве обратного предложения используется то обстоятель-

ство, что при $||A'(t)|| \to 0$ можно указать последовательность уходящих на бесконечность и расширяющихся интервалов, на которых A(t)неограниченно приближается к любому наперед заданному предельному оператору A_{ω} . Выбирая тот из них, который соответствует устойчивой краевой задаче, приходим к неограниченному решению дачи (1).

Примечание. Область «устойчивости» для нашего уравнения будет внутренность овала, ограниченного кривой $\lambda = -\frac{1}{a}\frac{\phi t}{\rho^{i\phi}}\left(-\frac{\pi}{2}\right)$

 $\leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$.

Одесский педагогический институт им. К. Д. Ушинского

Поступило 17 I 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

 1 М. Г. Крейн, Усп. матем. наук, 3, в. 1 (23) (1948). 2 М. А. Рутман, ДАН, 401, № 2 (1955). 3 М. А. Рутман, ДАН, 101, № 6 (1955).

Доклады Академий наук СССР 1956. Tom 111. № 1

MATEMATHKA

А. С. СОЛОДОВНИКОВ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КЛАССЫ ПРОСТРАНСТВ V(K)

(Представлено академиком И.Г. Петровским 5 VII 1956)

В работе автора (1) было введено определение геодезического класса римановой метрики $ds^2=g_{ij}\left(x^1,\ldots,\ x^n\right)dx^idx^j$ как совокупности всех без ісключения метрик $ds^2 = g_{ij}(x^1, \ldots, x^n) dx^i dx^j$, имеющих с ds^2 общие реодезические. Настоящая заметка посвящена описанию геодезических классов для метрик пространств V(K). В совокупности с результатами 1) это дает полное решение вопроса о пространствах с общими геодезинескими или, если угодно, проблемы геодезического отображения новых пространств (с положительно определенной метрикой).

Риманово пространство V_n называется V(K), если в некоторой систе-

ме координат

$$ds^{2} = ds_{0}^{2} + \overset{1}{\circ} ds_{1}^{2} + \ldots + \overset{t}{\circ} ds_{t}^{2}$$
 (1)

 $(ds_0^2,\ ds_\alpha^2\ (lpha=1,\ldots,\ t)$ — самостоятельные метрики, зависящие каждая от своих переменных x^{i_0} , $x^{i_{\alpha}}$; функции $\sigma>0$ зависят от переменных x^{i_0}), причем «присоединенная» метрика

$$ds^*_2 = ds^2_0 + \sigma^2(dy^{q+1})^2 + \dots + \sigma^t(dy^{q+t})^2$$

имеет постоянную кривизну K. Здесь q — размерность ds_0^2 ; y^{q+1} , . . . y^{q+t} — новые переменные. Само представление (1) называется K-разложением метрики ds^2 .

Произвольное \hat{K} -разложение тривиальными преобразованиями * при-

водится к одному из видов (ср. (2)):

1) K = 0:

$$ds^{2} = \sum_{i_{+}=1}^{q} (dx^{i_{0}})^{2} + (x^{i_{0}})^{2} ds_{1}^{2} + \ldots + (x^{(t-1)_{0}})^{2} ds_{t-1}^{2} + ds_{t}^{2} \quad (t-1 \leqslant q); \quad (2)$$

$$ds^{2} = \sum_{i_{0}=1}^{q} (dx^{i_{0}})^{2} + (x^{i_{0}})^{2} ds_{1}^{2} + \dots + (x^{i_{0}})^{2} ds_{t}^{2}$$
 (1)

st Эти преобразования следующие: произвольное преобразование переменных x^{i_0} из ds_0^2 , изменение нумерации слагаемых σds_{lpha}^2 , а также вынесение постоянных множигелей из форм ds^2_lpha и включение их в функции σ . При всем этом предполагается, что ге слагаемые в (1), для которых функции σ отличаются постоянным $\sigma = c\sigma$), объединены в один член ($\sigma (ds_{\alpha}^2 + c ds_{\beta}^2)$.

2)
$$K = k^2 > 0$$
:

$$ds^{2} = \frac{1}{k^{2}} \left[ds_{0}^{2} + \frac{(x^{1_{0}})^{2}}{\varphi} ds_{1}^{2} + \dots + \frac{(x^{f_{0}})^{2}}{\varphi} ds_{t}^{2} \right] \qquad (t \leqslant q);$$
 (4)

$$ds^{2} = \frac{1}{k^{2}} \left[ds_{0}^{2} + \frac{(x^{1_{0}})^{2}}{\varphi} ds_{1}^{2} + \dots + \frac{(x^{q_{0}})^{2}}{\varphi} ds_{q}^{2} + \frac{1}{\varphi} ds_{q+1}^{2} \right] \quad (t = q + 1), \quad (5)$$

где

$$ds_0^2 = \frac{1}{\varphi} \sum_{i_0, j_0 = 1}^q \left(\delta_{i_0 j_0} - \frac{x^{i_0} x^{j_0}}{\varphi} \right) dx^{i_0} dx^{j_0}, \quad \varphi = 1 + \sum_1^q (x^{k_0})^2;$$

3) $K = -k^2 < 0$:

$$ds^{2} = \frac{1}{k^{2}} \left[ds_{0}^{2} + \frac{(x^{1_{0}})^{2}}{\psi} ds_{1}^{2} + \frac{(x^{2_{0}})^{2}}{\psi} ds_{2}^{2} + \ldots + \frac{(x^{t_{0}})^{2}}{\psi} ds_{t}^{2} \right] \qquad (t \leqslant q); \quad (6)$$

$$ds^{2} = \frac{1}{k^{2}} \left[ds_{0}^{2} + \frac{1}{\psi} ds_{1}^{2} + \frac{(x^{1_{0}})^{2}}{\psi} ds_{2}^{2} + \dots + \frac{(x^{(t-1)_{0}})^{2}}{\psi} ds_{t}^{2} \right] \qquad (t \leqslant q+1); (7)$$

$$ds^{2} = \frac{1}{k^{2}} \left[ds_{0}^{2} + \frac{(1-x^{1_{0}})^{2}}{\psi} ds_{1}^{2} + \frac{(x^{2_{0}})^{2}}{\psi} ds_{2}^{2} + \ldots + \frac{(x^{f_{0}})^{2}}{\psi} ds_{t}^{2} \right] \qquad (t \leqslant q), \quad (8)$$

где

$$ds_0^2 = \frac{1}{\psi} \sum_{i_0, j_0 = 1}^q \left(\delta_{i_0 j_0} + \frac{x^{i_0} x^{j_0}}{\psi} \right) dx^{i_0} dx^{j_0}, \quad \psi = 1 - \sum_1^q (x^{h_0})^2.$$

Канонические формы для 0-разложения оставлены здесь без изменения по сравнению с $(^2)$; что касается канонических форм для K-разложений с $K \neq 0$, то они специализированы путем выбора определенных координат x^{1_0}, \ldots, x^{q_0} на единичной и мнимо-единичной сферах, о которых идет речь в $(^2)$. А именно, эти координаты подобраны так, что метрики (3), (4), (6) имеют общие геодезические.

Среди всех возможных K-разложений одной и той же метрики ds^2 особыми свойствами выделяется одно, называемое максимальным (2). Для определения геодезических классов метрик пространств V(K) ос-

новное значение имеют следующие теоремы.

Теорема 1. Если (1) есть максимальное K-разложение, то каждая метрика ds^2 c теми же геодезическими, что u ds^2 , необходимо имеет вид

$$d\bar{s}^2 = d\bar{s}_0^2 + \sigma ds_1^2 + \dots + \sigma ds_{\ell}^2, \tag{9}$$

т. е. отличается от ds^2 набором ds_0^2 , σ , ..., σ $(ds_0^2$ и функции σ , ..., σ зависят от тех же переменных x^{i_0} , что и ds_0^2 , σ , ..., σ). При этом представление (9) для ds^2 является, в свою очередь, максимальным \overline{K} -разложением.

Отсюда видно, что метрика пространства V(K) может иметь общие геодезические лишь с метрикой того же типа, т. е. $V(\overline{K})$ *.

$$\overline{\Gamma}_{jk}^{i} = \Gamma_{jk}^{i} + \delta_{j}^{i} \psi_{,k} + \delta_{k}^{i} \psi_{,j},$$

а запятая означает ковариантное дифференцирование по метрике g_{ij} . Обратно, если 34

^{*} При этом, как можно показать, $\psi_{,ij}-\psi_{,i}\,\psi_{,j}=Kg_{ij}-\,\overline{K}\,\overline{g_{ij}},$ где градиентный вектор $\psi_{,i}$ определяется обычным образом:

Tеорема 2. Eсли метрики ds^2 и $d\overline{s}^2$, имеющие вид K-разложений) и (9) ($\overline{K}=K$), обладают одними и теми же геодезическими, то $d\overline{s}^2$

улучается из ds^2 преобразованием переменных x^{l_0} .

Поэтому прежде всего возникает вопрос о всех проективных преобраваниях T в пространстве V(K) (1), действующих только в пределах $d_0^2 \ (T=T)$. Ясно, что эти преобразования будут проективными и в ds_0^2 ; к можно показать, из всей проективной группы в пространстве (погоянной кривизны K) ds_0^2 они выделяются условиями сохранения каж-

рго из t векторных полей σ^{i_0} . Из этих условий и находится группа G_0 этих преобразований для каждого из пространств (3) — (8). Приведем ответствующие результаты.

1) Для (3), (4), (6) G_0 состоит из всех прес $\mathbf{6}$ разований вида

$$y^{i_0} = \frac{a^{i_0} x^{i_0}}{\sum\limits_{k_0 = t+1}^{q} c_{k_0} x^{k_0} + d} \quad (i = 1, \dots, t);$$

$$y^{j_0} = \frac{\sum\limits_{k_0 = t+1}^{q} a_{k_0}^{j_0} x^{k_0} + b^{j_0}}{\sum\limits_{k_0 = t+1}^{q} c_{k_0} x^{k_0} + d} \quad (j = t+1, \dots, q).$$

2) Для (5) группа G_0 та же, что и для (4) при t=q. 3) Для (7) G_0 состоит из преобразований

$$y^{i_0} = a^{i_0} x^{i_0}$$
 $(i = 1, ..., t - 1),$ $y^{j_0} = \sum_{k_0 = t}^q a_{k_0}^{j_0} x^{k_0}$ $(j = t, ..., q).$

Заметим, что если рассматриваемые K-разложения (3) — (7) являются ке максимальными, то полная проективная группа в рассматриваемом (K) есть прямое произведение:

$$G = G_0 \times G_1 \times \cdots \times G_t,$$

gе G_1,\ldots,G_t — группы движений в ds_1^2,\ldots,ds_t^2 соответственно.

я пары метрик g_{ij} , \overline{g}_{ij} с общими геодезическими выполняется условие $\psi_{,ij}-\psi_{,i}\psi_{,j}=Kg_{ij}-\overline{K}g_{ij}$, причем вектор $\psi_{,i}$ не равен нулю, то K, $\overline{K}=$ const, и первая из их метрик определяет пространство V(K), а вторая V(K). Если же для всех без исклюния метрик $d ar{s^2}$, принадлежащих геодезическому классу метрики $d s^2$, вектор $\psi_i = 0$, , как легко показать, этот класс является тривиальным. При этом следует отметить, о определение тривиального класса, данное в (¹), является неполным. Геодезический асс метрики $ds^2=g_{ij}dx^idx^j$ нужно называть тривиальным в том случае, если после ерехода к некоторой системе координат y^1, \ldots, y^n

$$ds^{2} = dy^{1^{2}} + \ldots + dy^{m^{2}} + ds_{1}^{2} + \ldots + ds_{p}^{2}, \tag{*}$$

е $ds_1^2,\dots,\,ds_p^2,\,$ а также $ds_0^2=dy^{1^2}+\dots+dy^{m^2}\,\,(m\!\geqslant\!0)$ — самостоятельные метрики, висящие каждая от своих переменных, а весь геодезический класс исчерпывается **м**бинациями

$$c_{kl}dy^kdy^l + c_1ds_1^2 + \ldots + c_pds_p^2$$
 $(c_{kl}, c_i = \text{const}; k, l = 1, \ldots, m).$

но, что в этом случае (*) есть разложение ds^2 на евклидову часть ds_0^2 и $\,$ неприводи-

е неодномерные ds_1^2, \ldots, ds_p^2 . Эквивалентное определение: геодезический класс метрики ds^2 называется триальным, если все метрики ds^2 этого класса имеют не только общие геодезические,

и одинаковую связность: $\overline{\Gamma}_{ik}^l = \Gamma_{ik}^l$.

4) Для (8) группа G_0 состоит из преобразований

$$y^{1_{\circ}} = x^{1_{\circ}}, \quad y^{2_{\circ}} = a^{2_{\circ}}x^{2_{\circ}}, \dots, \quad y^{(t-1)_{\circ}} = a^{(t-1)_{\circ}}x^{(t-1)_{\circ}},$$

$$y^{j_{\circ}} = \sum_{k=1}^{q} a^{j_{\circ}}_{k_{\circ}}x^{k_{\circ}} \quad (j = t, \dots, q).$$

Переходим к непосредственному описанию геодезических классов для метрик V(K), заданных своими максимальными K-разложениями (2) — (8).

1. Геодезический класс для (2) является тривиальным.

2. Для (3) геодезический класс состоит из (3), (4), (6) и всевозможных метрик, полученных из них преобразованиями из G_0 и умножением на постоянные числа, что мы условно запишем в виде cG_0 (3), cG_0 (4), cG_0 (6).

 $^\circ$ 3. Для (5), (7), (8) геодезические классы имеют вид cG_0 (5), cG_0 (7), cG_0 (8) соответственно. Разумеется, в каждом из случаев под G_0 подра-

зумевается соответствующая группа.

Настоящая работа возникла в семинаре проф. П. К. Рашевского, которому автор выражает глубокую благодарность за внимание и ценные советы.

Московский государственный педагогический институт им. В. И. Ленина

Поступило 12 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

 1 А. С. Солодовников, ДАН, 108, № 2 (1956). 2 А. С. Солодовников, ДАН, 105, № 3 (1955).

MATEMATHKA

И. Д. СОФРОНОВ

(ПРИБЛИЖЕННОМУ РЕШЕНИЮ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком М. А. Лаврентьевым 17 V 1956)

Рассмотрим линейное сингулярное интегральное уравнение с ядром Гильерта

$$K\varphi = a(x)\varphi(x) + \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{2\pi} n(t, x) \operatorname{ctg} \frac{t - x}{2} \varphi(t) dt = f(x).$$
 (1)

Будем считать, что коэффициенты a(x) и n(f, x) и правая часть f(x) принадлежат пространству H_{α} , т. е. непрерывные периодические (с периодом \mathcal{H}_{α}) функции, удовлетворяющие условию Гельдера с показателем

 $(0<\alpha<1)$ (n(t, x) периодическая по обоим аргументам).

Кроме того, предположим, что уравнение (1) однозначно разрешимо при нобой правой части. Условия однозначной разрешимости подробно описаны в (1). Известно (2), что при сделанных предположениях решение $\rho(x)$ удовлетворяет условию Гельдера с показателем $\rho(x)$, где $\rho(x)$ в настоящее время теория линейных одномерных сингулярных интегральных уравнений корошо развита. Это позволяет считать полезной для прикладных целей следующую задачу:

Известно, что сингулярное интегральное уравнение $K \varphi = f$ вида (1) при любой правой части имеет и притом единственное решение φ ; построить другое, «более простое», уравнение $\widetilde{K} \varphi = \overline{f}$, решение $\widetilde{\varphi}$ которого обладает следующими свойст-

вами:

1) φ в каком-то смысле близко к решению φ;

2) $\ddot{\phi}$ может быть найдено с помощью современных математических машин.

В настоящей заметке предлагается два способа решения поставленной

задачи.

По первому способу в качестве приближенного уравнения $\overline{K}\widetilde{arphi}=\widehat{f}$ берется система линейных алгебраических уравнений

$$a_i \tilde{\varphi}_i + \sum_{k=0}^{n-1} a_{ik} \varphi_k = f_i \quad (i = 0, 1, \dots, n-1),$$
 (2)

где введены обозначения

$$x_{i} = ih, \quad h = \frac{2\pi}{n}, \quad a_{i} = a(x_{i}), \quad f_{i} = f(x_{i}),$$

$$a_{ik} = \frac{1}{2\pi} \int_{x_{k-1}}^{x_{k+1}} n(f, x_{i}) \operatorname{ctg} \frac{t - x_{i}}{2} \eta_{k}(t) dt, \quad \eta_{k}(t) = \begin{cases} \frac{t - x_{k-1}}{h}, & t \leq x_{k}; \\ \frac{x_{k+1} - t}{h}, & t \geq x_{k}. \end{cases}$$

При вычислении a_{ii} берется главное значение интеграла.

По второму способу точное интегральное уравнение заменяется системой

$$a_i \widetilde{\varphi}_i + \frac{2}{2n+1} \sum_{k=0}^{2n} n_{ik} \operatorname{ctg} \frac{x_k - x_i}{2} \widetilde{\varphi}_k = f_i \quad (i = 0, 1, \dots, 2n-1),$$
 (3)

где

$$x_i = ih$$
, $h = \frac{\pi}{n}$, $n_{ik} = n(x_i, x_k)$, $a_i = a(x_i)$, $f_i = f(x_i)$;

 Σ' означает, что суммирование ведется только по тем k, для которых k-i нечетно.

Введем следующие обозначения: нормой $\|\psi\|_{\alpha}$ функции ψ назовем сумму $\max_{x \in [0, 2\pi]} |\psi(x)| + A_{\psi}$, где $A_{\psi} = \sup_{\substack{x, \, x' \in [0, 2\pi] \\ \text{вия } \Gamma}} \frac{|f(x) - f(x')|}{|x - x'|^{\alpha}} - \text{постоянная условия } \Gamma$ вир Γ вир

В пространстве H_{α} введем норму $\|K\|_{\beta}$ оператора K следующим обра-

зом: $||K||_{\beta} = \sup_{||\varphi||_{\beta} = 1} ||K\varphi||_{\beta}$.

Для системы (2) доказываются теоремы о разрешимости и близости ее решения к решению точного уравнения.

Теорема о разрешимости. Для достаточно больших п, точнее,

для п таких, что

$$q = ||K||_{\gamma}^{2} ||K^{-1}||_{\beta} 6 \left(\frac{2\pi}{n}\right)^{\beta - \gamma} < 1, \tag{4}$$

система (2) имеет определитель, отличный от нуля; здесь β и γ любые, удовлетворяющие неравенствам $\alpha > \beta > \gamma > 0$.

Теорема о близости решений. Если через $p_0^{-1} \overset{\sim}{\varphi}$ обозначить кусочно-линейную функцию (полигон), проходящую через точки

$$(0, \widetilde{\varphi}_0), (h, \widetilde{\varphi}_1), (2h, \widetilde{\varphi}_2), \ldots, (2\pi - h, \widetilde{\varphi}_{n-1}), (2\pi, \widetilde{\varphi}_0),$$

то при выполнении условий теоремы о разрешимости имеет место оценка

$$\|p_0^{-1}\widetilde{\varphi} - \varphi\|_{\Upsilon} \ll \left(1 + \frac{\|K\|_{\Upsilon} \|K^{-1}\|_{\Upsilon}}{1 - q}\right) 6B_{\varphi} \left(\frac{2\pi}{n}\right)^{\beta - \gamma}. \tag{5}$$

Для системы (3) верна аналогичная теорема о разрешимости, но вместо неравенства (4) требуется выполнение неравенства (6):

$$q = L \|K\|_{\gamma} \|K^{-1}\|_{\gamma} \|K^{-1}\|_{\beta} \frac{\ln n}{n^{\beta - \gamma}} < 1, \tag{6}$$

где

$$L = 4 + \frac{\|a\|_{\gamma}}{n^{\delta - \gamma}} + \frac{8 + 10(2\pi)^{\delta - \gamma}}{\delta(1 - \delta)} \|n\|_{\beta}; \quad \alpha > \beta > \delta > \gamma > 0.$$

Априорная оценка точности второго способа дается неравенством

$$\| p_1^{-1} \widetilde{\varphi} - \varphi \|_{Y} \leq \left(1 + \frac{\| K \|_{Y} \| K^{-1} \|_{Y}}{1 - q} \right) \frac{4 \ln n}{n^{m + \beta - \gamma}} B_{\varphi(m)}, \tag{7}$$

где $p_1^{-1} \overset{\sim}{\phi}$ означает интерполяционный тригонометрический полином, проходящий через точки

$$(0, \widetilde{\varphi}_0), (h, \widetilde{\varphi}_1), (2h, \widetilde{\varphi}_2), \ldots, (2\pi - h, \widetilde{\varphi}_{2n-1}), (2\pi, \widetilde{\varphi}_{2n}).$$

Оценка (7) с точностью до постоянной совпадает с оценкой (5) в случае, гогда про решение $\varphi(x)$ известно, что оно только непрерывно в смысле Гельера; если коэффициенты уравнения (1) таковы, что обеспечивается суцествование m производных от решения (2), причем, $\varphi^{(m)}(x) \in H_{\alpha}$, о из (7) видно, что скорость сходимости второго метода сильно возрастает порядок получающегося приближения выбором β и γ может быть сделансколь угодно близким к порядку наилучшего приближения).

Второй способ предпочтительнее первого еще и потому, что матрица ситемы (3) такова, что обеспечивает возможность применить для решения процесс последовательных приближений с наращиванием порядка системы,

тредложенный Мильтхоппом (3).

Просчитанные автором примеры показывают, что второй метод достаточно удобен при работе с настольной вычислительной машиной и дает

корошую практическую сходимость.

Оказывается, что систему (3) можно писать не только для сингулярного уравнения, но и для интегрального уравнения Фредгольма (второго рода). В этом случае также наблюдается хорошая практическая сходимость.

В заключение я выражаю искреннюю благодарность акад. М. А. Лаврентьеву, под руководством которого была написана настоящая работа,

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Поступило 15 V 1956

цитированная литература

¹ Н. И. Мусхелишвили, Сингулярные интегральные уравнения, М.—Л., 1947. ² И. Д. Софронов, ДАН, 110, № 6 (1956). ³ Н. Миlthopp, Luftfahrt-Forschung, 15, No. 4, 153 (1938).

MATEMATUKA

Б. В. ХВЕДЕЛИДЗЕ

О РАЗРЫВНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧЕ РИМАНА— ПРИВАЛОВА С КОЭФФИЦИЕНТОМ, ИМЕЮЩИМ КРИТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ

(Представлено академиком Н. И. Мусхелишвили 25 VI 1956)

1. Пусть Γ обозначает простую замкнутую спрямляемую линию. Обозначим через E^+ конечную, а через E^- бесконечную области, ограниченные линией Γ . В дальнейшем функции комплексного переменного, определенные в областях E^+ и E^- , мы будем отмечать, соответственно, значками + и -.

Пусть функция $\varphi(t)$ определена на Γ . Если функция $\omega(s,\varphi)s^{-1}$, где $\omega(s,\varphi)$ — модуль непрерывности функции $\varphi(t)$ относительно дуговой абсциссы линии Γ , интегрируема на сегменте (0,s), где s>0 — достаточно малое число, то мы будем говорить, что $\varphi(t)$ удовлетворяет условию Дини или что она принадлежит классу $D(\Gamma)$. Если функция $\varphi(t)$ терпит разрывы первого рода в точках c_1,\ldots,c_m линии Γ , а на каждой закрытой части этой линии, находящейся между двумя соседними точками c_k , она непрерывна или удовлетворяет условию Дини или же условию Γ ельдера, то мы скажем, что $\varphi(t)$ принадлежит, соответственно, классу $C(\Gamma; c_1,\ldots,c_m)$, $D(\Gamma; c_1,\ldots,c_m)$ или $H(\Gamma; c_1,\ldots,c_m)$.

Пусть a(t) и b(t) — заданные функции, определенные на Γ . Рассмотрим следующую задачу: требуется найти аналитические функции $\Phi^+(z)$ и $\Phi^-(z)$, граничные значения которых удовлетворяют всюду или почти

всюду на Г условию

$$\Phi^{+}(t) = a(t) \Phi^{-}(t) + b(t). \tag{1}$$

В дальнейшем функцию a(t) будем называть коэффициентом, а b(t) — свободным членом граничного условия (1).

Задачу (1) будем называть разрывной, если функции $\Phi^+(z)$ и $\Phi^-(z)$

не составляют кусочно-голоморфной функции.

Впервые простой и притом эффективный способ решения задачи (1) был предложен Карлеманом (1). По этому способу коэффициент a(t) заменяется отношением граничных значений двух аналитических функций $\Phi_0^+(t)$ и $\Phi_0^-(t)$, и задача (1) сводится к решению следующей, более простой задачи: найти аналитические функции $\Psi^+(z)$ и $\Psi^-(z)$, граничные значения которых на Γ удовлетворяют условию

$$\Psi^{+}(t) - \Psi^{-}(t) = f(t).$$
 (2)

Граничную задачу (2) в том случае, когда $\Psi^+(z)$ и $\Psi^-(z)$ представляются интегралами типа Коши, мы будем называть задачей Ю. В. Сохоцкого.

Вся трудность решения задачи (1) заключается в осуществлении указанного способа при различных конкретных предположениях относительно заданных и искомых функций, а также линии Γ . Сам Карлеман (¹) решил задачу (1) при весьма частных предположениях относительно линии и заданных функций. В дальнейшем способ Карлемана был развит в работах Φ . Д. Гахова (²,³), Н. И. Мусхелишвили (⁴,⁵), Н. И. Мусхелиш

ли и Д. А. Квеселава (5 , 6) и др. для случая, когда Γ представляет бой конечную совокупность замкнутых или разомкнутых взаимно нересекающихся гладких линий, функции a(t) и b(t) удовлетворяют услою Гельдера или принадлежат к классу $H(\Gamma; c_1, \ldots, c_m)$, а искомые алитические функции составляют кусочно-голоморфную функцию. Затем . Г. Магнарадзе (7) вместо класса H рассмотрел более широкие подассы непрерывных функций. В статьях (8,9) мы показали, что задачу) можно решить и тогда, когда $a\left(t
ight)$ удовлетворяет условию Дини, t) суммируема в некоторой степени, а искомые функции представимы итегралом типа Коши. В указанных выше работах законченные результы получены в предположении, что коэффициент $a\left(t
ight)$ нигде на Γ не ращается в нуль. В дальнейшем мы будем рассматривать и такие слуии, когда коэффициент $a\left(t
ight)$ обращается в конечном числе точек в нуль и в бесконечность. Эти точки мы будем называть (ср. (10)) критичесими точками коэффициента a(t). Случай критических точек впервые ил рассмотрен Ф. Д. Гаховым (2), а затем Н. П. Векуа (11) и Л. А. Чииным $(^{10})$. В этой заметке мы решаем задачу (1) в предположениях, кватывающих все вышеуказанные случаи, а также некоторые новые.

2. В дальнейшем p будет обозначать произвольное вещественное число, ольшее единицы; $q = p(p-1)^{-1}$; p_1 — любое (не фиксированное) число,

довлетворяющее условию $1 < p_1 < p$.

Пусть на Γ заданы измеримая функция $\varphi(t)$ и некоторая измеримая готрицательная функция $\rho(t)$. Мы будем говорить, что $\varphi(t)$ принадлент к классу L_p с весом $\rho(t)$ ($\varphi \in L_p(\Gamma; \rho)$), если функция $\rho(t) | \varphi(t) |^p$

нтегрируема на Г в смысле Лебега.

В дальнейшем под $(t-c)^\mu$ и $\ln^\mu(t-c)$, где $t\in\Gamma$; c — некоторая иксированная точка на Γ , а μ — произвольное комплексное число, будем онимать, соответственно, граничные значения функций $(z-c)^\mu$ и $\ln^\mu(z-c)$ з области E^+ , причем можно брать произвольные ветви этих функций. Рункцию вида

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\omega(t)}{t - z} dt + P(z),$$

 $\mathbf{qe}\ \mathbf{\omega}(t)\in L\ (\Gamma),\ a\ P\ (z)$ — целая функция, будем называть интегралом ипа Коши с линией скачков Γ и с главной частью $P\ (z)$ на бесконечности.

В дальнейшем, когда мы будем говорить, что функция комплексного еременного принадлежит к классу $L(\Gamma)$, $L_p(\Gamma; \rho)$ и т. д., это будет вначать, что угловые граничные значения этой функции на Γ принад-

ежат $L(\Gamma)$, $L_{\rho}(\Gamma;\rho)$ и т. д.

Пусть $a(t) \in L(\Gamma)$. Функцию $\Phi(z) \in L_p(\Gamma; \rho)$ будем называть канониской функцией для функции a(t), если $\Phi^{-1}(z) \in L_q(\Gamma; \rho^{1-q})$, $\Phi(z)$ и $\Phi^{-1}(z)$ редставимы интегралами типа Коши с полиномиальной главной частью а бесконечности и почти всюду на Γ имеет место равенство $a(t) = \Phi^+(t) [\Phi^-(t)]^{-1}$. Если для функции a(t) существует каноническая функция, то будем говорить, что a(t) представима с помощью канонической ункции. Порядок канонической функции на бесконечности, взятый с братным знаком, будем называть индексом функции a(t) на Γ или прото индексом a(t) и обозначать символом ind a(t); Γ].

Ясно, что функции a(t) и $a^{-1}(t)$ одновременно представимы или не редставимы с помощью канонических функций. Кроме того можно позать, что если a(t) есть произведение нескольких сомножителей, корые представимы с помощью канонических функций, то произведение

гих последних будет канонической функцией для $a\left(t\right)$.

Рассмотрим функцию

$$a_{1}(t) = \prod_{k=n_{1}+1}^{n} (t - c_{k})^{\lambda_{k}} \prod_{k=n+1}^{m} \ln^{\mu_{k}} (t - c_{k}) a_{*}(t),$$
 (3)

где $0 \neq a_*(t) \in D(\Gamma; c_1, \ldots, c_{n_i}); c_k \in \Gamma; k = 1, \ldots, m; \lambda_k$ — комплексны числа, действительная часть которых удовлетворяет условию $|\operatorname{Re} \lambda_k| < 1$ μ_k — произвольные комплексные числа.

Всегда можно подобрать такие комплексные числа λ_k $(k=1,\ldots,n_1)$ что $-1 < \text{Re}\,\lambda_k < 0$ и $a_*(c_k-0)\,a_*^{-1}(c_k+0) = \exp 2\pi i \lambda_k$. Обозначим через

 $2\pi i$ х приращение функции $\ln\prod_{1}^{n_1}(t-z_0)^{-\lambda_h}a_*(t)$, когда t один раз обойде

линию Γ в положительном направлении; z_0 обозначает фиксированную точку в E^+ , а ветвь многозначной функции $(z-z_0)^{\lambda_k}$ подобрана так, что функция $(z-c_k)^{\lambda_k}$ ($z-z_0$) $^{-\lambda_k}$ в бесконечности равна единице (ср. (3)). Пусть далее,

$$\Omega\left(z\right) = \exp\frac{\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\Gamma}^{} \frac{\ln\left[\left(t-z_{\scriptscriptstyle 0}\right)^{-\varkappa}\prod\limits_{1}^{n_{\scriptscriptstyle 1}}\left(t-z_{\scriptscriptstyle 0}\right)^{\lambda_{h}}\alpha_{_{\ast}}\left(t\right)\right]}{t-z}dt.$$

Тогда, как легко видеть, канонической функцией для $a_1(t)$ будет функция

$$\Phi_{0}(z) = \begin{cases} \prod_{k=1}^{n} (z - c_{k})^{\lambda_{k}} \prod_{k=n+1}^{m} \ln^{\mu_{k}} (z - c_{k}) \Omega(z), & z \in E^{+}, \\ (z - z_{0})^{-\kappa} \prod_{k=1}^{n_{1}} \left(\frac{z - c_{k}}{z - z_{0}}\right)^{\lambda_{k}} \Omega(z), & z \in E^{-}. \end{cases}$$

$$(4)$$

Из формулы (4) вытекает, что ind $[a_1(t); \Gamma] = \kappa$.

3. Предположим теперь, что угол между касательной к линии Γ и осью Ox удовлетворяет условию Γ ельдера. Пусть коэффициент a(t) граничного условия (1) имеет вид

$$a(t) = \prod_{k=n,+1}^{n} (t - c_k)^{\mu_k} \prod_{k=n+1}^{m} \ln^{\mu_k} (t - c_k) a_*(t).$$
 (5)

Для определенности будем считать, что $\operatorname{Re}\mu_k \leqslant 0$, $k=n_1+1,\ldots,n_2$; $\operatorname{Re}\mu_k \geqslant 0$, $k=n_2+1,\ldots,n$ ($n_1\leqslant n_2\leqslant n$). Тогда $\mu_k=-\sigma_k+\lambda_k$, $k=n_1+1,\ldots,n_2$, и $\mu_k=\sigma_k+\lambda_k$, $k=n_2+1,\ldots,n$, где σ_k — натуральное число или нуль, а λ_k — комплексные числа такие, что — $1<\operatorname{Re}\lambda_k\leqslant 0$, $k=n_1+1,\ldots,n_2$, и $0\leqslant\operatorname{Re}\lambda_k<1$, $k=n_2+1,\ldots,n$ *. Введем обозначения:

$$Q(z) = \begin{cases} \prod_{k=n_{1}+1}^{n_{2}} (z - c_{k})^{\sigma_{k}}, & z \in E^{+}, \\ \prod_{k=n_{2}+1}^{n} (z - c_{k})^{\sigma_{k}}, & z \in E^{-}, \end{cases} \qquad \alpha_{k} = \begin{cases} -\operatorname{Re} \lambda_{k}, & k = 1, \dots, n_{2}, \\ \operatorname{Re} \lambda_{k}, & k = n_{2} + 1, \dots, n; \end{cases}$$

$$l_{p}(0) = L_{p} \left(\Gamma; \prod_{k=1}^{n} |t - c_{k}|^{\alpha_{k}(p-1)} \right), \qquad (6)$$

$$l_{p}(c_{n_{2}+1}, \dots, c_{n}) = L_{p} \left(\Gamma; \prod_{k=1}^{n_{k}} |t - c_{k}|^{\alpha_{k}(p-1)} \prod_{k=n_{k}+1}^{n} |t - c_{k}|^{-\alpha_{k}} \right).$$

^{*} При желании можно считать, что все $\operatorname{Re} \lambda_k$ одного знака, подбирая для этого σ_k соответствующим образом.

асло α_k назовем параметром функции a(t) в точке c_k ; относительно гассов $l_p(0)$ и $l_p(c_{n_2+1},\ldots,c_n)$ мы будем говорить, что они определяются

помощью параметров α_k , $k=1,\ldots,n$.

Предположим теперь, что в условии (1) коэффициент a(t) имеет вид (5), ободный член $b(t) \in l_p(c_{n_2+1}, \ldots, c_n)$, и рассмотрим следующую задачу: ийти функцию $\Phi(z)$, угловые граничные значения которой удовлетвонют почти всюду условию (1) и такую, что $Q(z) \Phi(z)$ представима интеглом типа Коши с линией скачков Γ и с некоторой главной частью на сконечности, принадлежащей в областях E^+ , E^- , соответственно, к класти $l_{p_1}(c_{n_2+1},\ldots,c_n)$ и $l_{p_1}(0)$.

Легко видеть, что, полагая $\Phi_1(z)=Q(z)\Phi(z)$, сформулированную

дачу можно свести к задаче с граничным условием

$$\Phi_{1}^{+}(t) = a_{1}(t) \Phi_{1}^{-}(t) + Q^{+}(t) b(t), \tag{7}$$

це $a_1(t)$ определено равенством (3). Представляя теперь в граничном словии (7) $a_1(t)$ с помощью канонической функции (4), мы сведем заччу (7) к задаче Ю. В. Сохоцкого (2), в которой $f(t) = Q^+b/\Phi_0^+$. С порщью решения этой последней задачи можно показать, что все решения задачи (1) представляются формулой

$$\Phi(z) = \frac{\Phi_0(z)}{2\pi i Q(z)} \int_{\Gamma} \frac{Q^+(t) b(t)}{\Phi_0^+(t) (t-z)} dt + \frac{\Phi_0(z)}{Q(z)} P(z), \tag{8}$$

це P(z) — произвольная целая функция.

Выше мы предполагали, что точки c_1, \ldots, c_m попарно различны. Анаогично можно рассмотреть и тот случай, когда в одной и той же точке меются особенности различного типа.

Если дополни**т**ельно предположим, что $b(t) \in L_p\left(\Gamma; \prod_{k=n+1}^m |t-c_k|^{\epsilon}\right)$,

це ε — произвольное нефиксированное положительное число такое, что $< \varepsilon_0$, ε_0 — достаточно малое фиксированное число, то при решении зачи (7) индекс p класса Лебега остается неизменным (т. е. $p_1 = p$).

Случай, когда искомое решение задачи (7) имеет заданный конечный поряок на бесконечности, исследуется обычным путем (5). К рассмотренной зааче можно легко свести также случай, когда Г представляет собой онечную совокупность разомкнутых линий, а коэффициент граничного словия (1) имеет вид (5).

Тбилисский математический институт им. А. М. Размадзе Академии наук ГрузССР Поступило 13 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Т. Сагlетап, Агк. f. Mat., Astr. och Fys., 16, 26 (1922). ² Ф. Д. Гахов, атем. сборн., 2, № 4 (1937). ⁸ Ф. Д. Гахов, Изв. Қазанск. физ.-матем. общ., 14, 3 (1949). ⁴ Н. И. Мусхелишвили, Тр. Тбилисск. матем. инст., 10, 1 (1941). Н. И. Мусхелишвили, Сингулярные интегральные уравнения, М., 1946. Н. И. Мусхелишвили, Д. А. Квеселава, Тр. Тбилисск. матем. инст., 141 (1942). ⁷ Л. Г. Магнарадзе, Сообщ. АН ГрузССР, 8, 8 (1947). Б. В. Хведелидзе, Сообщ. АН ГрузССР, 8, 8 (1947). Б. В. Хведелидзе, Сообщ. АН ГрузССР, 12, 2 (1951). ⁹ Б. В. Хведелидзе, АН, 102, 2 (1955). ¹⁰ Л. А. Чикин, Изв. Қазанск. физ.-матем. общ., 113, 10 (1953). Н. П. Векуа, Тр. Тбилисск. матем. инст., 18, 307 (1951).

MATEMATUKA

Л. А. ЧИКИН

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ РИМАНА

(Представлено академиком Н. И. Мусхелишвили 9 VI 1956)

§ 1. Краевая задача Римана, являющаяся одной из основных краевых задач теории аналитических функций, заключается в следующем:

В плоскости комплексной переменной задан контур L_0 и на нем функции G(t) и g(t). Требуется определить кусочно-аналитическую функцию $\Phi(z)$ по краевому условию

$$\Phi^{+}(t) = G(t) \Phi^{-}(t) g(t)$$
 Ha L_0 (1)

(неоднородная задача) или по краевому условию

$$\Phi^{+}(t) = G(t) \Phi^{-}(t) \quad \text{Ha} \quad L_0 \tag{2}$$

(однородная задача).

В первоначальной постановке задачи (1) предполагалось, что контур L_0 представляет собой простую замкнутую гладкую кривую Жордана, а функции G(t) и g(t) удовлетворяют условию Гёльдера, причем G(t) всюду отлична от нуля. В дальнейшем задача была значительно обобщена в смысле расширения классов допустимых контуров и коэф

фициентов краевого условия.

В связи с возможностью весьма широкой постановки этой задачи (2), а также в связи с разработкой приближенных методов решения представляет интерес исследование устойчивости ее решений по отношению к малым изменениям коэффициентов краевого условия и контура L_0 . В настоящей статье рассматривается устойчивость однородной задачи (2) по отношению к изменениям контура L_0 в предположении, что L_0 — простая замкнутая гладкая кривая, разграничивающая плоскость на внутреннюю область S_0^+ и внешнюю S_0^- .

§ 2. Общее решение задачи (2) дается, как известно, формулой

$$\Phi\left(z\right) = X\left(z\right)P\left(z\right),$$

где X(z) — так называемая каноническая функция однородной задачи (2), а P(z) — многочлен некоторой степени с произвольными коэффициентами. Очевидно, достаточно ограничиться исследованием поведения функции X(z).

Приступая к определению устойчивости задачи Римана, аппроксимируем контур L_0 последовательностью контуров $\{L_n\}$, сходящейся к L_0 в том смысле, что последовательность областей $\{S_n^+\}$, ограниченных этими контурами, сходится к S_0^+ как к своему ядру. Такую последовательность контуров будем называть деформацией контура L_0 . Условимся деформацию $\{L_n\}$ называть внутренней, если $L_n \in S_0^+$, и внешней, если $L_n \in S_0^-$, $n=1,2,\ldots$

Будем рассматривать лишь такие деформации $\{L_n\}$, все контуры которых независимо от номера n удовлетворяют следующим условиям

Варшавского (3):

1) Диаметр кривой $\leqslant d$, а длина дуги $>\! l\! >\! 0$, где d и $l\! -\! {
m nocto-}$ ные.

2) Отношение длины a всякой хорды кривой L_n к длине σ не наильшей дуги, стягиваемой этой хордой, удовлетворяет неравенству $\sigma \gg c > 0$, c— постоянная.

3) Внутренность L_n может содержать круг некоторого радиуса $\rho > 0$.

4) Касательная к кривой L_n образует с некоторым постоянным наравлением угол $\theta_n(s)$, удовлетворяющий условию Гёльдера $|\theta_n(s'') - \theta_n(s')| \leq A |s'' - s'|^{\alpha}$, где s'' и s' - две любые точки кривой L_n ; и α — постоянные; $0 < \alpha < 1$.

Функцию G(t), заданную на L_0 , продолжим на всю комплексную юскость z произвольным способом, требуя лишь, чтобы определенная ким образом функция G(z) внутри областей S_0^+ и S_0^- удовлетворяла гловию Гёльдера и непрерывно переходила на контуре L_0 в функню G(t).

Возьмем какую-нибудь внутреннюю деформацию $\{\lambda_n\}$ контура L_0 . ринимая значение функции G(z) на контуре λ_n за коэффициент краерго условия, рассмотрим для каждого контура λ_n однородную задачу

 $\psi_n^+(t) = G(t) \psi_n^-(t)$ Ha λ_n , n = 1, 2, ...

усть последовательность канонических функций этих задач будет $\psi_n(z)$.

Возьмем теперь какую-нибудь внешнюю деформацию $\{\Lambda_n\}$, и пусть оследовательность канонических функций для контуров этой деформа-

ии будет $\{\Psi_n(z)\}.$

Однородную задачу Римана (2) будем называть устойчивой, если оследовательности канонических функций $\{\psi_n(z)\}$ и $\{\Psi_n(z)\}$ равномерно ходятся внутри областей S_0^+ и S_0^- к общей предельной функции, удолетворяющей краевому условию (2) и не зависящей ни от выбора деормаций $\{\lambda_n\}$ и $\{\Lambda_n\}$, ни от способа продолжения функции G(t) в плокость z.

Заметим, что общую предельную функцию для последовательностей $\psi_n(z)$ и $\{\Psi_n(z)\}$ можно рассматривать как обобщенное решение задачи имана в тех случаях, когда последнее не может быть найдено обычным пособом (при помощи интегралов типа Коши).

§ 3. Устойчивость однородной задачи Римана (2) характеризуется

ледующей теоремой:

Teopema 1. Если L_0 — простой гладкий замкнутый контур, функция G(t) удовлетворяет условию Гёльдера и нигде не обращается нуль, то однородная задача Римана (2) устойчива.

Доказательство теоремы опирается на некоторые вспомогательные

редложения.

Лемма 1. Пусть $\{L_n\}$ — деформация контура L_0 . Если $z=\varphi_n(\zeta)$ — пункции, конформно отображающие круг $|\zeta|<1$, соответственно, на бласти S_n^+ $(n=0,1,2,\ldots)$, так что $\varphi_n(0)=z_0$ $(z_0$ — некоторая точка, ринадлежащая всем областям S_n^+), $\varphi_n^-(0)>0$, то последовательность функций $\{\varphi_n(z)\}$ и последовательность их производных $\{\varphi_n(z)\}$ равномерно ходятся в замкнутом круге $|\zeta|\leqslant 1$, соответственно, к $\varphi_0(\zeta)$ и $\varphi_0^+(\zeta)$.

Лемма 2. Пусть $\{L_n\}$ — деформация контура L_0 . Тогда кривые L_n , $=0,1,2,\ldots$, допускают дифференцируемое параметрическое предтавление $z=f_n(\theta),\ 0\leqslant \theta\leqslant 2\pi$, такое, что функции $f_n(\theta)$ и их произодные $f_n(\theta)$ равномерно ограничены и последовательности $\{f_n(\theta)\}$ и $\{f_n(\theta)\}$ равномерно сходятся к функциям $\{f_0(\theta)\}$ и $\{f_0(\theta)\}$.

^{*} Выражение «внутри области» употребляется, как обычно, в том смысле, что расматриваемое свойство имеет место на всяком замкнутом множестве, принадлежащем анной области.

Лемма 3. Пусть $\{L_n\}$ — деформация контура L_0 . Если H(z) — функция, непрерывная в некоторой окрестности контура L_0 , то последовательность кусочно-дналитических функций

$$\left\{F_{n}\left(z\right) = \frac{1}{2\pi} \int_{\mathcal{L}_{n}}^{\infty} \frac{H\left(\tau\right) d\tau}{\tau - z}\right\}$$

равномерно сходится внутри областей S_0^+ и S_0^- к функции

$$F_{0}\left(z\right)=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{L_{0}}\frac{H\left(\tau\right)d\tau}{\tau-z}\,.\label{eq:F0}$$

Доказательство леммы 1 осуществляется на основании известной теоремы Каратеодори об отображении областей с переменными границами и вытекающего из одного результата Варшавского (3) заключения о том, что при сделанных относительно деформации $\{L_n\}$ предложениях функции $\varphi_n'(z)$ равномерно ограничены и равностепенно непрерывны на окружности $|\zeta|=1$.

Полагая в функциях $\varphi_n(\zeta)$, определяемых условиями леммы 1, $\zeta = e^{i\theta}$,

получим утверждение леммы 2.

Справедливость леммы 3 доказывается простыми оценками интегралов типа Коши по контурам L_n , параметризованных в соответствии с леммой 2.

Касаясь доказательства теоремы 1, заметим, что в условиях этой теоремы каноническая функция X(z) задачи (2) явно выражается при помощи интегралов типа Коши (2). Поэтому достаточно установить, что

$$\lim_{n\to\infty} \psi_n(z) = \lim_{n\to\infty} \Psi_n(z) = X(z). \tag{3}$$

Однако представляется возможным доказать несколько больше, а именно, что не только для внешних и внутренних деформаций контура L_0 , но и для любой деформации $\{L_n\}$ имеет место (3), т. е. что если $\{X_n(z)\}$ — последовательность канонических функций, соответствующих контурам $\{L_n\}$, то

$$\lim_{n \to \infty} X_n(z) = X(z). \tag{4}$$

Функции $X_n(z)$ также явно выражаются при помощи интегралов типа Коши, поэтому (4) вытекает из леммы 3.

При этом существенно свойство инвариантности индекса функции G(z) относительно контуров L_n . Индекс $\varkappa=\frac{1}{2\pi}\left[\arg G(z)\right]_{L_n}$ можно рассматривать как топологическую степень отображения контура L_n на единичную окружность, осуществляемого непрерывной функцией G(z)/|G(z)|. Степень отображения, как известно, обладает свойством инвариантности при непрерывных деформациях отображения. Отсюда следует инвариантность индекса.

Укажем, что необходимыми условиями устойчивости задачи (2) являются непрерывность коэффициента $G\left(t\right)$ краевого условия и отсутствие у него нулей.

§ 4. Аналогично может быть рассмотрена устойчивость неоднородной

задачи (1). Здесь имеет место следующая теорема.

Tеорема 2. Если однородная задача Римана (2) устойчива и функция g(t) удовлетворяет условию Γ ёльдера, то устойчива и неоднородная задача (1).

Ростовский на-Дону государственный университет им. В. М. Молотова

Поступило 7 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Ф. Д. Гахов, Матем. сборн., **2** (44), № 4, 673 (1937). ² Н. И. Мусхелишвили, Сингулярные интегральные уравнения, М., 1946. ³ St. Warchawsky, Math. Zs., **35**, S. 322, 447 (1932).

ГИДРОМЕХАНИКА

Л. В. ОВСЯННИКОВ

НОВОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ГИДРОДИНАМИКИ

(Представлено академиком М. А. Лаврентьевым 14 VI 1956)

В настоящей заметке дано новое точное частное решение уравнений абатического движения сжимаемой жидкости

$$\frac{d}{dt}\mathbf{u} + \frac{1}{\rho}\nabla p - 0,$$

$$\frac{d}{dt}\log\rho + \operatorname{div}\mathbf{u} = 0,$$

$$\frac{d}{dt}\log p + \gamma \operatorname{div}\mathbf{u} = 0.$$
(1)

есь $\mathbf{u} = \mathbf{u}(t, \mathbf{x})$ — вектор скорости; $\rho = \rho(t, \mathbf{x})$ — плотность; $p = p(t, \mathbf{x})$ — кление и γ — показатель адиабаты. Операции ∇ и div относятся к проанству, опысываемому радиусом-вектором \mathbf{x} с проекциями x, y, z. Сими d/dt означает дифференцирование по времени t вдоль траектории — бой интегральной кривой уравнения

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{u}.\tag{2}$$

Пусть $\vec{\xi}$ — вектор с проекциями ξ , η , ζ . Найдем функции $F = F(\vec{\xi})$, $= G(\vec{\xi})$ и постоянную квадратную матрицу третьего порядка $L = \|l_{ik}\|$ ие, что

$$\nabla_{\varepsilon} G = FL_{\xi}, \tag{3}$$

 ∇_{ξ} означает операцию ∇ по переменным ξ, η, ζ .

Далее, определим неоссбенную квадратную матрицу третьего порядка = M(t) как решение уравнения

$$M^* \frac{d^2 M}{dt^2} + |M|^{1-\gamma} L = 0, \tag{4}$$

 M^* — транспонированная матрица M, а |M| — абсолютная величина ределителя M.

При этих условиях формулы

$$\mathbf{u} = \frac{dM}{dt} M^{-1} \mathbf{x}, \quad \rho = \frac{1}{|M|} F(M^{-1} \mathbf{x}), \quad p = \frac{1}{|M|^{\Upsilon}} G(M^{-1} \mathbf{x})$$
 (5)

ют точное решение системы (1).

Для проверки достаточно заметить, что если положить $\ddot{\xi} = M^{-1} \mathbf{x}$, то силу (2) и (5) будет

 $\frac{d}{dt}\vec{\xi} = 0. ag{6}$

Это означает, что в классе решений (5) переменные ξ , η , ζ , опреде ленные как проекции вектора $M^{-1}\mathbf{x}$, играют роль лагранжевых коор динат.

В силу (6) первое уравнение (1) удовлетворяется благодаря тождеству

$$\nabla G(\vec{\xi}) = M^{*-1} \nabla_{\xi} G(\vec{\xi})$$

и уравнениям (3), (4), а второе и третье уравнения (1) — по теорем Лиувилля

$$\operatorname{Sp}\left(\frac{dM}{dt}M^{-1}\right) = \frac{d\log|M|}{dt},$$

где символ Sp(A) обозначает след матрицы A.

Объем совокупности решений (5) определяется уравнением (3). Для выяснения общего вида функций F,G и матриц L, удовлетворяющих этому уравнению, сделаем предварительно два замечания.

Во-первых, уравнение (3) инвариантно относительно следующей группы

преобразований, осуществляемых неособенными матрицами N:

$$\vec{\xi} = N\vec{\xi}', \quad F(\vec{\xi}) = F'(\vec{\xi}'), \quad G(\vec{\xi}) = G'(\vec{\xi}'), \quad L' = N^*LN. \tag{7}$$

Во-вторых, уравнение (3) имеет нетривиальные решения не при всякой матрице L (тривиальным является решение F=0, G= const). Необходимое и достаточное условие существования нетривиальных решений есть

$$L^* \overset{\rightharpoonup}{\omega} = 0, \tag{8}$$

где вектор ω имеет вид

$$\vec{\omega} = \begin{vmatrix} l_{23} & -l_{32} \\ l_{31} & -l_{13} \\ l_{12} & -l_{21} \end{vmatrix}.$$

Пусть r есть ранг матрицы L. Учитывая оба замечания, получаем следующие возможности:

I. r=3. В силу (8) $\omega=0$, матрица L симметрична и преобразованием (7) приводится к виду

$$L = \begin{vmatrix} \varepsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_3 \end{vmatrix}, \qquad \varepsilon_i = +1 \quad (i = 1, 2, 3).$$

Общий вид функций F, G дается формулами

$$G(\vec{\xi}) = g(\sigma), \quad F(\vec{\xi}) = 2g'(\sigma), \quad \sigma = \varepsilon_1 \xi^2 + \varepsilon_2 \eta^2 + \varepsilon_3 \zeta^2.$$

II. r=2. В силу (8) матрица L приводится преобразованием (7) к виду

$$L = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 & \delta & 0 \\ 0 & \varepsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \qquad \varepsilon_i = \underline{+} \ 1 \quad (i = 1, 2).$$

Общий вид функций F, G дается формулами

$$G(\vec{\xi}) = g(\sigma), \quad F(\vec{\xi}) = \frac{\xi g'(\sigma)}{\varepsilon_1 \xi^2 + \delta \xi \eta + \varepsilon_2 \eta^2},$$

$$\sigma = \xi \varphi(\frac{\eta}{\xi}), \quad \varphi(s) = \exp\left\{\int_{\varepsilon_1 + \delta s + \varepsilon_2 s^2}^{\varepsilon_2 s ds}\right\}.$$

III. r=1. В силу (8) преобразование (7) приводит матрицу L к виду

$$L = \begin{vmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad \varepsilon = \pm 1.$$

Здесь общий вид функций F, G есть

$$G(\vec{\xi}) = g(\sigma), \quad F(\vec{\xi}) = \frac{\varepsilon}{\xi} g'(\sigma), * \sigma = \xi.$$

IV. r=0. Матрица L нулевая, $G=\mathrm{const}, F(\xi)$ — произвольная функ-

В решениях I, II, III $g(\sigma)$ — произвольная функция, а $g'(\sigma)$ — ее про-

водная.

Матрицу М можно построить как решение задачи Коши для уравния (4) с начальными условиями

$$M(t_0) = M_0, \quad \frac{dM}{dt}(t_0) = M_1,$$

 $M_0 = \| m_{ib}^{(0)} \|$ и $M_1 = \| m_{ib}^{(1)} \|$ — произвольно заданные постоянные матриы, причем $|M_0| \neq 0$. Это решение существует и единственно в окрестости точки $t=t_0$.

Легко проверить, что преобразованию (7) соответствует следующее реобразование матрицы M, оставляющее инвариантным уравнение (4):

$$M' = |N|^{\frac{1-\gamma}{1+\gamma}} MN.$$

юэтому достаточно решить (4) для случаев, когда L имеет канониче-

кий вид I, II, III или IV.

Свести решение уравнения (4) к квадратурам не удается. Однако ожно указать несколько его первых интегралов, рассматривая это уравение как систему 18-го порядка для 9 искомых элементов $m_{ih}\left(t\right)$ марицы M.

В случае I имеется 4 первых интеграла; 3 из них содержатся в фор-

$$M^* \frac{dM}{dt} - \frac{dM^*}{dt} M = M_0^* M_1 - M_1^* M_0, \tag{9}$$

4-й (при $\gamma \neq 1$) имеет вид

$$\sum_{i,k=1}^{3} \varepsilon_k \left(\frac{dm_{ik}}{dt}\right)^2 - \frac{2}{\gamma - 1} |M|^{1 - \gamma} = \sum_{i,k=1}^{3} \varepsilon_k m_{ik}^{(1)^2} - \frac{2}{\gamma - 1} |M_0|^{1 - \gamma}.$$
 (10)

В случае II из 3 первых интегралов (9) остается 2 (один «затирается» еличиной б) и появляются 6 новых

$$m_{i3}(t) = m_{i3}^{(0)} + m_{i3}^{(1)}(t - t_0) \quad (i = 1, 2, 3).$$
 (11)

нтеграла (10) в этом случае нет.

В случаях III, IV уравнение (6) элементарно интегрируется до конца.

Поступило 7 VI 1956

АСТРОНОМИЯ

д. о. мохнач

О ВЕКОВОМ УСКОРЕНИИ И ЗАМЕДЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯ КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 21 VI 1956)

Изучение движения некоторых периодических комет показало, что многие особенности их движения не могут быть полностью объяснены законом всемирного тяготения. Невязки между вычисленными и наблюденными координатами нормальных мест могут быть уменьшены, если, например. у комет Энке — Баклунда и Брукса предположить вековое ускорение среднего движения, а у кометы Дарре — замедление. Однако введение векового ускорения или замедления как седьмого элемента не ликвидировалс полностью всех затруднений. Остаточные ошибки были попрежнему довольно значительными, не устранялась невязка между доперигельными и послеперигельными наблюдениями. С. Г. Маковер (1) показал при обработке наблюдений кометы Энке — Баклунда 1937—1951 гг., что если предположить еще вековое изменение элементов φ , ω , Ω , i, то остаточные ошибки становятся гораздо меньше, чем это было у других исследователей, и остается невязка только между доперигельными и послеперигельными наблюдениями. Таким образом, работы всех вычислителей, изучавших движение периодических комет в XIX и XX веках, показывают, что добавление к 6 элементам эллиптической орбиты одного, двух или большего числа новых элементов, учитывающих вековые изменения, уменьшает сумму квадратов отклонений. Последнее привело многих ученых к заключению о реальности вековых изменений элементов орбит периодических комет. Это породило ряд гипотез, пытавшихся объяснить нарушение закона всемирного тяготения при движении периодических комет. Ни одна из этих гипотез не могла объяснить всех особенностей наблюдаемых уклонений (2). Появившаяся в последние годы гипотеза Уиппла (3) тоже не может считаться удовлетворительной. Модель ядра кометы, предложенная Уипплом, не объясняет явлений, наблюдающихся при распаде комет. Распад кометы, построенной по модели Уиппла, обязательно должен сопровождаться резким увеличением яркости, поскольку действию солнечного излучения должны подвергнуться при распаде внутренние, не покрытые пылью, части ледяного ядра. Однако ни в одном наблюдавшемся случае распада (с кометы Биэлы до кометы Тэйлора 1916 I) не обнаружено подобного увеличения яркости. Таким образом, до настоящего времени не имеется удовлетворительного объяснения уклонений движения периодических комет от закона Ньютона.

Теоретическое исследование распределения видимой плотности в голове кометы, проведенное автором (4), дает качественное объяснение ряда явлений, наблюдаемых в кометах, и приводит к заключению о существовании значительных систематических ошибок при определении координат центра инерции кометы из наблюдений. Эти ошибки порождаются несовпадением фотометрического центра (наиболее яркой точки головы кометы) с центром инерции. Оказывается, наведение на фотометрический центр дает заниженное значение радиуса-вектора центра инерции кометы. Ошибка Δr радиусавектора центра инерции будет всегда отрицательной, а по численному значению довольно большой — порядка наблюдаемого радиуса головы кометы.

о значит, что ошибка в определении радиуса-вектора кометы Энке могла огда превзойти 0,001 ае, поскольку размеры головы этой кометы в неторых случаях доходили до 500 000 км. Систематические ошибки Δr вляются функцией гелиоцентрического расстояния кометы. Кроме того, r должны быть различными при наблюдениях, сделанных в один и тот э момент на разных инструментах, что может породить невязки между блюдениями, сделанными на различных обсерваториях. Наконец, ошибн Δr должны вековым образом уменьшаться, как связанные с размерами ловы кометы, поскольку наблюдается вековое уменьшение диаметра ловы из-за истощения запаса молекул, образующих голову кометы.

Реальность этих ошибок подтверждается не только теоретическими исиедованиями автора. Бютнер (5) при обработке наблюдений кометы 1853 III **1пириче**ски показал, что средняя ошибка при представлении наблюдений леньшается с $\pm 16''$,86 до $\pm 11''$,60, если допустить, что определяемая из облюдений точка расположена ближе к Солнцу, чем центр масс, примерно 1 2150 км. Штоббе (6) указывает, исследуя изофоты по фотографиям кометы нке, что асимметрия изофот должна порождать систематические ошибки ои определении координат центра масс. На асимметричное расположение ентра инерции относительно головы кометы указывают многие наблюдеия — светящееся «ядро», когда оно доступно наблюдению, всегда находитна краю головы кометы, противоположном Солнцу.

Какое влияние оказывают систематические ошибки Δr на элементы ориты, можно представить из следующего примера. Рассмотрим задачу двух

ел: комета движется по орбите, определяемой 4 элементами:

$$\mu = 0,005\,271\,234, \ e = 0,850\,0079, \ T_1 = 20,30578, \ \omega = 359^{\circ}59'59'',10.$$

опустим, что мы располагаем 6 наблюдениями после перигелия (см. табл. 1).

Таблица 1

- 6"	I	. II	III	IV	v	VI
T_1 T_2 T_1 T_2 T_1 T_2 T_2 T_1 T_2 T_2 T_3 T_4 T_5	0,332 3200 -10 0,332 3190	59,01262 1,265 0593 —1003 1,264 9590 127°29'46,68 60°	1203,04492 0,442 7827 49 0,442 7778 63°32′09′ 99 20°	2404,25810 0,610 5000 —100 0,610 4900 89°59′57″68 31°47′14″,15	2425,97681 0,998 0300 -670 0,997 9630 117°10′53′.02	

 Δr — заданные ошибки радиуса-вектора, таким образом, r_{0} и u_{0} — наблюенные значения координат, соответствующие моментам $t-T_1$, причем $u_0=u$, вычисленным по истинным элементам, поскольку Δu считаем равной улю. Наблюдения I и II соответствуют первому появлению кометы, III торому, IV и V — третьему, VI — четвертому.

Кроме того, будем считать, что симметрично относительно перигелия

асположены 6 доперигельных наблюдений с теми же Δr .

Обрабатывая эти наблюдения по способу наименьших квадратов, найем поправки к элементам по формулам

$$dr = \frac{1}{\mu} \left[\frac{ke \sin v}{V \bar{p}} (t - T) - \frac{2}{3} r \right] d\mu - a \cos v de - \frac{ke \sin v}{V \bar{p}} dT,$$

$$du = \frac{1}{\mu} \frac{kV \bar{p}}{r^2} (t - T) d\mu + (2 + e \cos v) \frac{\sin v}{1 - e^2} de - \frac{kV \bar{p}}{r^2} dT + d\omega.$$

Из этих формул видно, что результаты обработки до- и послеперигельых наблюдений должны быть различны даже при одинаковых значениях r, |u|, Δr и Δu , так как sin v, входящий в формулы, меняет знак при переходе от отрицательных к положительным значениям v.

Поэтому следует ожидать невязки между до- и послеперигельными на-

блюдениями.

При обработке наблюдений, приведенных в табл. 1, найдены элементы по наблюдениям I, II, III в первых двух появлениях, затем по трем появлениям (I—V) и, наконец, по всем четырем появлениям. Точно так же обработаны симметричные заданным доперигельные наблюдения. В результате мы получили 6 систем элементов, приводимых в табл. 2.

Таблица 2

		По I и II появ- лениям	По I, II, III появлениям	По I, II; III, IV появлениям
После периге- лия	$e \\ T_1 \\ \omega$	0,005 271 2383 0,849 9920 20,30637 +17",46	0,005 271 2347 0,849 9973 20,30627 +14″,47	0,005 271 2322 0,850 0017 20,30618 +12,08
До пери- гелия	$e \\ T_1 \\ \omega$	0,005 274 2297 0,849 9921 20,30518 —19″,36	0,005 271 2332 0,849 9973 20,30528 —16″,36	0,005 271 2365 0,850 0020 20,50541 —14,27

Если бы мы считали, что значения r_0 и u_0 из табл. 1 не имеют систематических ошибок, то на основании результатов вычислений, приведенных в табл. 2, можно было бы говорить о реальном замедлении кометы, наблюдения которой велись после перигелия, и об ускорении кометы, если она наблюдалась до перигелия.

Во всех случаях у нас получались значительные остаточные ошибки. Их можно заметно уменьшить, введя в дополнение к 4 элементам величины, учитывающие «вековые изменения» орбиты. Кроме того, следует отметить. что добавление новых наблюдений, а также перемена мест не влияют принципиально на результат, отражаясь только немного на численной величине

элементов при сохранении знака векового изменения.

Мы задали в табл. 1 ошибки Δr в 10—20 раз меньше тех, которые возможны в действительности, и нетрудно на основании табл. 2 убедиться, что «ускорение» или «замедление» получается того же порядка, что и при обработке наблюдений комет Энке, Брукса и др. Это позволяет думать, что эффект векового ускорения или замедления в значительной мере, если не целиком, создается неучтенными систематическими ошибками, в существовании которых нет оснований сомневаться.

Из формул видно, что до- и послеперигельные наблюдения не могут быть хорошо увязаны, что подтверждается исследованиями С. Г. Маковера (1). Одновременно можно заключить, что наблюдения различных обсерваторий также трудно согласовать. Это тоже часто отмечалось (7). Кроме того, вековым образом должна уменьшаться абсолютная величина ускорения с уменьшением размеров и яркости кометы, что также имеет подтверждения $\binom{1}{2}$.

Табл. 2 показывает, что кометы, наблюдающиеся до перигелия, как например кометы Энке — Баклунда или Брукса, должны иметь ускорение, а те, которые наблюдаются после перигелия, дадут картину замедленного

движения, как, например, комета Дарре.

До настоящего момента никто не доказал, что наблюдения при определении координат центра инерции свободны от систематических ошибок, порождаемых особенностями структуры головы кометы. Наличие же ошибок легко доказывается. Поэтому трудно верить в реальность получаемых из вычислений вековых изменений элементов орбиты кометы. Малая величина ошибок, полученная С. Г. Маковером (1), понятна. При использовании

ирических формул увеличение числа параметров обычно приводит

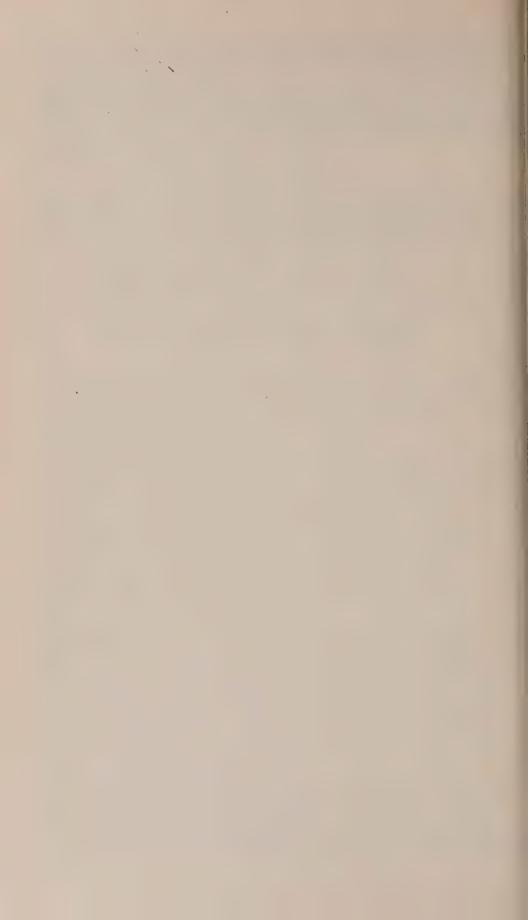
учшему согласованию наблюдательных данных.

Роль реактивной возмущающей силы, если таковая должна учитываться, может быть определена до тех пор, пока не будут учтены упомянутые и систематические ошибки, так как они действуют в том же направлении, и возмущающая сила, и легко объясняют те особенности, которые отмется исследователями движения комет.

Поступило 3 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. Г. Маковер, Тр. ИТА АН СССР, № 4 (1955). ² А. Д. Дубяго, Астр. он., **25**, 6 (1948). ³ Г. Whipple, Ap. J., **111**, 375 (1950). ⁴ Д. О. Мохнач, лл. ИТА АН СССР, 6, № 5 (78) (1956). ⁵ Н. Вüttner. А. N., **207**, 179 (1918). Stobbe, A. N., **265**, No. 6357 (1938). ⁷ E. von Asten, Mem. Acad. des Sci. de St. ersbourg, sér. **7**, **26**, No. 2 (1878).



Е. М. ДОБРЫШМАН и А. Ф. ДЮБЮК

О РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ
$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial t}\Delta - \Delta\right)u = f$$

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 22 VI 1956)

В некоторых задачах встречается уравнение в частных производных

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial t} \Delta u - \Delta u = f(x, y, z, t) \quad \left(\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right). \tag{1}$$

В этой заметке строятся формальные решения для задачи Коши и ой смешанной задачи.

I. Задача Коши. Пусть при t=0

$$u = u_0(x, y, z); \quad \frac{\partial u}{\partial t} = u_1(x, y, z).$$
 (2)

Применяя по t обычный оператор Қарсона — Хевисайда, для функизображений получим уравнение

$$\Delta \overline{u} - \frac{p^2}{p+1} \overline{u} = -\overline{F}(x, y, z; p), \qquad (3)$$

$$= \frac{p^2}{p+1} u_0(x, y, z) + \frac{p}{p+1} u_1(x, y, z) - \frac{p}{p+1} \Delta u_0(x, y, z) + \frac{\overline{f}(x, y, z; p)}{p+1}.$$

Решение для (3) можно записать в виде объемных потенциалов (1)

$$\overline{u} = \frac{1}{4\pi} \iint_{(S)} \overline{F}(M, p) \frac{e^{-pr \mid \sqrt{p+1}}}{r} ds$$

е M — точка с координатами (x_1, y_1, z) ; $r = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2}$; - сфера), или, более подробно:

$$\overline{u} = \frac{1}{4\pi} \iint_{(S)} \left[\frac{p^2}{p+1} u_0(r) + \frac{p}{p+1}(r) - \frac{p}{p+1} \Delta u_0(r) + \frac{\overline{f}(r;p)}{p+1} \right] \frac{e^{-pr+V\overline{p+1}}}{r} ds.$$
(4)

Теперь нужно обратить операторы $p^N \frac{e^{-pr+\sqrt[N]{p+1}}}{(p+1)}$ (N=0, 1, 2). Рассмотрим **с**начала **с**лучай N=1:

$$\frac{p}{p+1} e^{-pr | \sqrt{p+1}} = \frac{p}{\sqrt{p+1}} \left[\frac{1}{\sqrt{p+1}} e^{-r\sqrt{p+1} + r/\sqrt{p+1}} \right] = \frac{p}{\sqrt{p+1}} \mathscr{F} \left(\sqrt{p+1} \right),$$

е через 🕜 обозначено выражение, заключенное в квадратные скобки.

Воспользовавшись известными формулами операционного исчисления (2), можем написать

$$\frac{p}{\sqrt{p+1}} \mathscr{F}\left(\sqrt{p+1}\right) \doteq \int_{0}^{\infty} \psi\left(\tau, t\right) \varphi\left(\tau\right) d\tau - \int_{0}^{\infty} d\zeta \int_{0}^{\zeta} \psi\left(\alpha, t\right) J_{1}\left(\tau\right) \varphi \sqrt{\zeta^{2} - \tau^{2}} d\tau,$$

где $\varphi(t)$ есть оригинал для $\mathscr{F}(p); \ \psi(\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{2\sqrt{\pi\beta^3}} \, e^{-\alpha^2/4\beta}; \ J_1(x)$ функция Бесселя.

Значит, нужно представить в явном виде $\phi(\tau)$ и $\phi(\sqrt{\zeta^2-\tau^2})$. С этой целью напишем оригинал для

$$\frac{p}{\sqrt{p+1}} \mathscr{T}(\sqrt{p+1}) \to \mathscr{T}(p) = \frac{1}{p} e^{-rp+r|p}.$$

Так как

$$e^{-rp} \buildrel \left\{ egin{array}{ll} 0 & \mbox{при } t < r, \ 1 & \mbox{при } t > r; \end{array}
ight. \qquad e^{r|p} \buildrel \left\{ egin{array}{ll} 1 & \mbox{0 } r \ \end{array}
ight.
ight.$$

 $(I_0(x)$ — функция Бесселя от мнимого аргумента);

$$\frac{f_{1}(p) f_{2}(p)}{p} = \int_{0}^{t} \varphi_{1}(\tau) \varphi_{2}(t - \tau) d\tau,$$

TO

$$\mathscr{F}(p) = \frac{1}{p} e^{-rp+r|p} \div \varphi(t) = \int_{0}^{t-r} I_{0} \left[2\sqrt{r(t-r-\xi)} \right] d\xi.$$

Путем простых преобразований $\varphi(t)$ можно представить и в других формах:

$$\begin{split} \Phi\left(t\right) = & \int_{r}^{t} I_{0} \left[2\sqrt{r\left(t-\eta\right)}\right] d\eta = \frac{d}{dt} \int_{r}^{t} (\xi-r) I_{0} \left[2\sqrt{r\left(t-\xi\right)}\right] d\xi = \\ = & t-r-\int_{r}^{t} \frac{I_{1} \left[2\sqrt{r\left(t-\xi\right)}\right]}{\sqrt{r\left(t-\xi\right)}} d\xi. \end{split}$$

Значит,

$$\varphi\left(\sqrt{\zeta^2-\tau^2}\right) = \int\limits_{r}^{\sqrt{\zeta^2-\tau^2}} I_0\left[2\sqrt{r(\sqrt{\zeta^2-\tau^2}-\eta)}\right]d\eta \quad \left(r \leqslant \sqrt{\zeta^2-\tau^2}\right)$$

или в другой эквивалентной форме. Таким образом, можем написать

$$\frac{pe^{-r\sqrt{p+1}+r|\sqrt{p+1}}}{\sqrt{p+1}} \stackrel{:}{=} \frac{1}{2\sqrt{\pi} t^{s|_{2}}} \left\{ \int_{0}^{\infty} \tau e^{-\tau^{2}|4t} \int_{r}^{\tau} I_{0} \left(2\sqrt{r(t-\eta)} \right) d\eta d\tau - \int_{0}^{\infty} d\zeta \int_{0}^{\infty} \zeta e^{-\zeta^{2}|4t} J_{1}(\tau) \int_{0}^{\sqrt{t}} I_{0} \left[2\sqrt{r(\sqrt{\zeta^{2}-\tau^{2}}-\eta)} \right] d\eta d\tau \right\}. \tag{5}$$

Обозначим для краткости это выражение через $\Phi_1(r,t)$. Оно будет служить основным решением, через него найдем изображения и едля других операторов.

Так как

$$pf(p) \doteq \frac{d\varphi}{dt} \quad (\varphi(0) = 0), \qquad \frac{f_1(p) f_2(p)}{p} \doteq \int_0^t \varphi_1(t') \varphi_2(t - t') dt,$$

$$\frac{p^{2}}{p+1}e^{-rp|\sqrt{p+1}} = p\mathscr{F}(\sqrt{p+1}) \stackrel{:}{\div} \frac{d\Phi_{1}(r,t)}{dt}, \qquad (6)$$

$$\frac{\overline{f}(r;p)}{p+1}e^{-rp|\sqrt{p+1}} = \frac{\overline{f}(r;p)}{p}\mathscr{F}(\sqrt{p+1}) \stackrel{:}{\div} \int_{0}^{t} f(r,t-t_{1}) \Phi(r,t) dt_{1}.$$

Подставляя (5) и (6) в (4), получим решение задачи Коши в виде

$$\begin{split} u &= \frac{1}{4\pi} \iint\limits_{(S)} \left\{ u_0\left(r\right) \frac{\partial \Phi_1\left(r,\,t\right)}{\partial t} + \left[u_1 - \Delta u_0\right] \Phi_1\left(r,\,t\right) + \right. \\ &\left. + \int\limits_0^t f\left(r,\,t - t_1\right) \Phi_1\left(r,\,t\right) dt_1 \right\} ds, \end{split}$$

 $\Phi_1(r,t)$ определяется при помощи (5).

II. Смешанная задача. Рассмотрим задачу для полупространства0 с условиями

$$t = 0$$
, $u = u_0(x, y, z)$, $\frac{\partial u}{\partial t} = u_1(x, y, z)$; $z = 0$, $\frac{\partial u}{\partial z} = 0$.

Применим опять по t оператор Карсона — Хевисайда. Получим

$$\Delta \overline{u} - \frac{p^2}{p+1} \overline{u} = -\frac{p^2}{p+1} u_0 - \frac{p}{p+1} (u_1 - \Delta u_0) - \frac{\overline{f}(x, y, z; p)}{p+1} = \overline{F}_1(x, y, z; p).$$
(7)

Представив u_0 , Δu_0 , u_1 и $\overline{f}(x,y,z;p)$ в виде двойных интегралов урье, можем всю правую часть этого уравнения записать в виде

$$\overline{F}_1(x, y, z; p) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i(mx+ny)} \overline{F}_{mn}(z; p) dm dn.$$

Будем искать решение (7) также в виде интеграла Фурье

$$\overline{u} = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i(mx+ny)} \overline{u}_{mn}(z; p) \, dm \, dn.$$

Для \overline{u}_{mn} получим обыкновенное уравнение

$$\frac{d^2\overline{u}_{mn}}{dz^2} - \left(\rho^2 + \frac{p^2}{p+1}\right)\overline{u}_{mn} = \overline{F}_{mn}(z;p), \quad \rho^2 = m^2 + n^2.$$

Решение, удовлетворяющее условиям

при
$$z \to \infty$$
 \overline{u}_{mn} ограничено; $z=0, \quad \frac{du_{mn}}{dz}=0,$

меет вид

$$f_{mn}(z,p) = \frac{1}{2k} \left\{ \int_{0}^{\infty} \left(e^{-k|z-z'|} + e^{-k(z+z')} \right) \overline{F}_{mn}(z',p) dz' \right\}, \quad k = \sqrt{\rho^2 + \frac{p^2}{p+1}}.$$

Возвращаясь к и, можем написать

$$\overline{u} = \frac{1}{(2\pi)^2} \iiint\limits_{-\infty}^{\infty} \int\limits_{0}^{\infty} \frac{1}{2k} \left[e^{-h|z-z'|} + e^{-h(z+z')} \right] \times$$

$$\times F(x', y', z'; p) e^{-im(x-x')-in(y-y')} dz' dx' dy' dm dn.$$

Вводя переменные $m=\rho\cos\vartheta$, $n=\rho\sin\vartheta$, $dm\,dn=\rho\,d\rho\,d\vartheta$ и замечая, что

$$e^{-im(x-x')-in(y-y')} = e^{-ir\rho\cos(\theta-\theta_0)}, \quad r = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2},$$

выполним одну квадратуру (3)

$$\int\limits_{0}^{2\pi}e^{-i\rho z\cos\left(\vartheta-\vartheta_{\varrho}\right)}d\vartheta=\int\limits_{0}^{2\pi}e^{-ir\rho\cos\psi}\,d\psi=2\pi J_{0}\left(r\rho\right),$$

значит,

$$\overline{u} = \frac{1}{2\pi} \iiint_{-\infty}^{\infty} \int_{0}^{\infty} \frac{1}{2k} \int_{0}^{\infty} \left[e^{-k|z-z'|} + e^{-k(z+z')} \right] F(x', y', z'; p) J_0(r\rho) \rho \, d\rho \, dz' dx' dy'. \tag{4'}$$

Можно выполнить интегрирование и по р, ибо известно (4), что

$$\int_{0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{p^{2}+\gamma}} e^{-\alpha\sqrt{\rho^{2}+\gamma}} J_{0}(r\rho) \rho d\rho = \frac{e^{-\sqrt{\gamma}\sqrt{\alpha^{2}+r^{2}}}}{\sqrt{\alpha^{2}+r^{2}}}.$$

Следовательно,

$$\begin{split} \overline{u} &= \frac{1}{4\pi} \int \int \int \int \int \left[\frac{\exp\left[-\frac{p}{\sqrt{p+1}} \sqrt{r^2 + (z-z')^2}\right]}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} + \frac{\exp\left[-\frac{p}{\sqrt{p+1}} \sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right]}{\sqrt{r^2 + (z+z')^2}} \right] F(x', y', z'; p) \, dz' dx' dy'. \end{split}$$

Наконец, можно перейти от изображений к оригиналам. Так же, как и раньше, имеем

$$\frac{p}{p+1} e^{-p\xi/\sqrt{p+1}} \doteq \Phi_1(\xi, t),$$

где $\Phi\left(\xi,t\right)$ определяется из (5). Значит, решение для u можно записать в форме

$$\begin{split} u = & -\frac{1}{4\pi} \int \int \int \int \int \int \left\{ u_0\left(x',y',z'\right) \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z-z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} + \frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z+z')^2}} \right] + \\ & + \left(u_1\left(x',y',z'\right) - \Delta u_0\left(x',y',z'\right) \right) \left[\frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z-z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} + \frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z+z')^2}} \right] + \\ & + \int \int \int \int \left\{ x',y',z';t-t'\right) \left[\frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z-z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} + \frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} + \frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} \right] dt' \\ & + \frac{\Phi_1\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} \right] dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z')^2}} dt' \\ & + \frac{\Phi_2\left(t,\sqrt{r^2 + (z+z')^2}\right)}{\sqrt{r^2 + (z-z'$$

Очевидно, что указанный метод можно применить и в случае более общего граничного условия:

при
$$z = 0$$
 $\alpha u + \beta \frac{\partial u}{\partial z} = R(x, y, t).$

Естественно, что на функции f, u_0 , u_1 нужно наложить такие ограничения, чтобы входящие в решения интегралы имели смысл. Здесь мы не будем касаться этих ограничений.

Центральный институт прогнозов

Поступило 14 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Н. Тихонов, А. А. Самарский, Уравнения математической физики, 1953. ² В. А. Диткин, П. И. Кузнецов, Справочник по операционному исчислению, 1951. ³ Я. Н. Шпильрейн, Таблицы специальных функций, 1933. ⁴ П. М. Рыжик, И. С. Градштейн, Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений, 1951.

 Φ ИЗИКА

3. ГАВРИЛОВСКИЙ, В. Я. ГОЛОВНЯ, К. В. КАРАДЖЕВ, А. П. КЛЮЧАРЕВ и В. И. МАНЬКО

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРОТОНОВ МАЛОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАССЕЯНИИ НА УГЛЕРОДЕ

(Представлено академиком А. П. Александровым 16 VI 1956)

Нами была поставлена работа по изучению поляризации протонов при ругом рассеянии на C^{12} . Упругое рассеяние C^{12} (р, р) весьма тщательно чалось в работе $(^1)$ в интервале 0,4-4,3 Мэв для четырех значений угла сеяния. Анализ этих результатов и отождествление уровней N^{13} проено в работе $(^2)$. Используя данные работ $(^2)$, И. Т. Дятлов и Л. Н. Роцвейг провели вычисление степени поляризации при рассеянии C^{12} (р, р) гразличных углов в интервале энергий 1,2-2,4 Мэв. При угле 60° пень поляризации P плавно возрастает от +0,2 при энергии 2,4 Мэв +0,5 при 1,8 Мэв. Вблизи энергии 1,7 Мэв поляризация резко изменяет их, достигая значения -0,65 при энергии 1,6 Мэв.

Для исследования зависимости P(E) мы поставили опыт по двойному ссеянию протонов на твердых углеродных мишенях. Измерялась азимуньная асимметрия второго рассеяния при различных энергиях протонов первичном пучке. Экспериментальные данные сопоставлялись с расчеми асимметрии по результатам работы (3). Такое сопоставление дает возжность проверить правильность фазового анализа рассеяния C^{12} (2), 2),

оведенного в работе (²).

Данная работа была выполнена на электростатическом генераторе. Схеи геометрия опыта изображены на рис. 1. Установка состоит из двух куумных камер. Камера I представляет собой стальную цилиндрическую обку с крышкой, которая может поворачиваться на угол β относительно и цилиндра без нарушения вакуума в установке. В крышке имеется патбок α , на котором укрепляется цилиндрическая стальная камера II. В патрубка наклонена под углом $\alpha=19^\circ$ к плоскости камеры I. На рис. 1 казан вертикальный разрез установки, соответствующий $\beta=0$ и взаимно плендикулярному расположению плоскостей первого и второго рассея-

Пучок протонов из электростатического генератора попадает через одной патрубок b на первую углеродную мишень $M_{\rm I}$, расположенную в итре камеры I. Протоны, рассеянные мишенью $M_{\rm II}$, через патрубок a падают в камеру II и рассеиваются на мишени $M_{\rm II}$, расположенной в итре камеры II. Вторично рассеянные протоны регистрируются фотостинками с толщиной эмульсии $100~\mu$. Эти пластинки располагаются на инаковых расстояниях от центра камеры II в положениях, соответствуюх определенным углам второго рассеяния. Угол первого рассеяния $\Theta_{\rm II}$ выбран равным 60° с. ц. м. Такой выбор обусловлен тем, что при пе 60° поляризации имеет значительную величину в ширском интервале оргий. Значения угла второго рассеяния $\Theta_{\rm II}$ были равны $\pm 60^{\circ}$, $\pm 120^{\circ}$, $\pm 10^{\circ}$, и. м. Плоскости первого и второго рассеяний совмещались друг сугом путем поворота камеры II вокруг оси патрубка a. При каждом

облучении одновременно экспонировалось 6 фотопластинок соответственно

выбранным значениям угла Θ_2 .

Система круглых диафрагм в патрубках a и b обеспечивала хорошую коллимацию первичного и рассеянного пучков протонов и исключала попадание на фотопластинки протонов, рассеянных стенками камер и держателями углеродных мишеней.

Вся установка тщательно юстировалась. Диаметр пучка протонов, падающих на мишень $M_{\rm I}$, был ~ 6 мм. Пучок рассеянных протонов имел диаметр ~ 14 мм в месте расположения мишени $M_{\rm II}$. Диаметр мишени $M_{\rm I}$

составлял 14 мм, мишени $M_{\rm H} - 22$ мм.

Большое внимание было уделено нами изготовлению твердых углеродных мишеней. Вследствие резкой зависимости P(E) для рассеяния $C^{12}(p,p)$

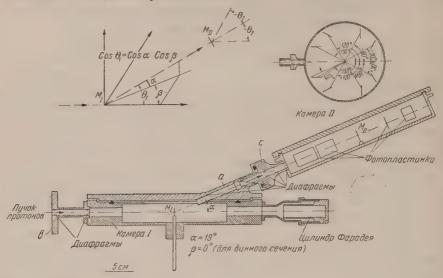


Рис. 1. Схема и геометрия опыта. α — угол наклона оси рассеянного пучка и горизонтальной плоскости; β — угол рассеяния в горизонтальной плоскости, отсчитываемый по лимбу камеры; Θ_1 — угол первого рассеяния; Θ_2 — угол второго рассеяния; Θ_1 и Θ_2 лежат в одной плоскости

мишени должны быть достаточно тонкими и однородными по толщине. Нами была разработана следующая методика изготовления тонких углеродных мишеней. На латунное кольцо наклеивалась очень тонкая (\sim 0,2—0,3 μ) пленка из нитроцеллюлозы, на которую наливался коллоидный раствор графита (аквадаг). Кольцо поддерживалось в горизонтальном положении до полного высыхания раствора. После просушки органическая подложка осторожно выжигалась. Таким образом получались однородные по толщине (\sim 5%) пленки из углерода. Толщина мишени $M_{\rm I}$ выбиралась для различных экспозиций в пределах от 0,75 до 1,05 мг/см². Такая мишень выдерживала многочасовое облучение пучком протонов при токе до 2 μ a. Мишень $M_{\rm II}$ имела толщину в пределах 0,5—0,65 мг/см². Погрешность определения толщины мишеней не превышает \pm 5%.

Наличие примесей в коллоидном графите, из которого изготовлялись мишени, исследовалось путем сжигания графита и последующего взвеши-

вания золы. Содержание примеси составляло ~2%.

Нами проведена серия экспозиций при значениях E_0 энергии протонов, падающих на мишень M_1 , 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3 и 2,4 Мэв. Длительность экспозиции составляла от 5 до 20 час. при токе 1—2 μ а.

В контрольных экспозициях, проводившихся в отсутствие углеродной пленки в камере II, было показано, что число посторонних следов, обусловленных рассеянием протонов от металлических стенок камеры и от

тжателей пленок и фотопластинок, составляет весьма небольшую долю лэффекта (\sim 1%). Для отдельных экспозиций нами определялся энергетиыкий спектр протонов, рассеянных мишенью M_{H} . На рис: 2 представлен (ктр для случая рассеяния на угол $\Theta_2=60^\circ$ при начальной эпергии про-

ов, равной 2,1 Мэв. Толщина мишени M_1 совляла 0,80 мг/см 2 , мишени $M_{
m H}$ 0,65 мг/см 2 . Число протонов, зарегистрированных в фоластинках, составляло в среднем от 300 до 0 для отдельных экспозиций. Рассеяние на $\Theta_2 = +60; +120; +150^{\circ}$ соответствует, сотено рис. 1, рассеянию направо. Рассеянию лево отвечают углы —60; —120; —150°. Отнцение числа рассеяний направо к числу расгний налево для каждого из абсолютных зналий угла Θ_2 и является мерой азимутальной мметрии рассеяния протонов мишенью $M_{\mathrm{H}},$ гледовательно, и мерой поляризации при раснии C¹² (р, р).

Вследствие того, что ионизационные потери ргии протонами в мишенях лежат в пределах

1—150 кэв, измеренные нами значения азимутальной асимметрии являся усредненными по этим интервалам энергии.

В опытах измеряется величина

$$R_{\rm cp}(E_0, \Delta_1, \Delta_2, \Theta_1, \Theta_2) = \frac{1 - P_{\rm 1cp} P_{\rm 2cp}}{1 + P_{\rm 1cp} P_{\rm 2cp}}.$$
 (1)

соотношения

есь E_0 — начальная энергия протонов; Δ_1 и Δ_2 — соответственно толгна мишеней $M_{_{
m I}}$ и $M_{{
m II}};\;\Theta_{_{
m I}}$ и $\Theta_{_{
m 2}}$ — углы 1-го и 2-го рассеяний; $P_{
m 1cp}$ и

Таблица 1

0 > 9 B	Δ_1 Mr/cm ²	Δ_2 MF/CM ²	R _{ср. эксп}	R _{ср. теор}
		θ. =	= 60°	

$$\Theta_2 = 150^{\circ}$$

 $P_{2\text{cp}}$ — средние значения поляризации, которые вычисляются с помощью

Спектр протонов

двойного рассеяния при $\Theta_1 =$

 $=60^{\circ}, \quad \Theta_2 = 60^{\circ}, \quad \text{и} \quad E_0 =$

= 2,1 Mэв

 $P_{\rm cp} = \frac{\int_{\delta E} \sigma(E) P(E) dE \left| \frac{dE}{dx} \right|}{\int_{\delta E} \sigma(E) dE \left| \frac{dE}{dx} \right|}, \quad (2)$

 $\sigma(E)$ — энергетическая зависимость дифференциального сечения рассеяния $C^{12}(p, p); \delta(E)$ — интервал энергий, соответствующий ионизационным потерям энергии в мишенях.

Наиболее подробно нами исследована энергетическая зависимость асимметрии право-лево для случая $\Theta_2 = 60^{\circ}$. Усредненные по отдельным экспозициям экспериментальные данные представлены для этого случая в табл. 1 и на рис. 3.

При начальной энергии протонов в интервале 1,9-2,4 Мэв и $\Theta_2=60^\circ$ выбранных нами мишеней измерение асимметрии позволяет исследоь поляризацию протонов при рассеянии $C^{12}(p,p)$ в интервале 1,6—2,4 Мэв. Для определения аппаратурной асимметрии нами выполнены контрольэкспозиции, при которых правая и левая половины камеры менялись тами путем поворота плоскости камеры II вокруг оси патрубка a. В делах ошибок значения асимметрии при обоих положениях камеры совали друг с другом.

Сплошная кривая на рис. З изображает значения $R_{\rm cp}$, вычисленные по указанному выше способу на основе данных, приведенных в работе (3) для мишеней, использовавшихся в наших измерениях.

Оценка асимметрии для случая $\Theta_1=60^\circ, \Theta_2=120$ и 150° в условиях данного эксперимента может носить характер лишь приближенной

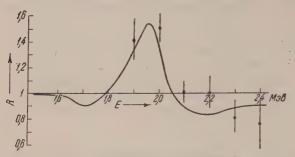


Рис. 3. Кривая соответствует значениям $R_{\rm cp}$, вычисленным на основе теоретических данных. Точками обозначены экспериментальные результаты

оценки. Это обусловлено весьма резкой зависимостью P(E) для углов $120 \, \mathrm{m}$ 150° , как показано в работе (3).

Нами определено значение $R_{\rm cp}$ для $\Theta_2=120$ и 150° при нескольких экспозициях. Результаты приведены в табл. 1. Теоретические значения $R_{\rm cp}$ вычислены при помощи кривых P(E) и $\sigma(E)$, приведенных в работе $(^3)$.

Результаты наших опы-

тов по двойному рассеянию протонов на C^{12} находятся в удовлетворительном согласии с результатами теоретических расчетов величины поляризации протонов и, следовательно, подтверждают правильность фазового анализа рассеяния $C^{12}(p, p)$, сделанного в работе $(^2)$. Показано, что при рассеянии имеет место сильная поляризация протонов в интервале энергий 1,6-2,4 Мэв.

Автеры выражают благодарность А. С. Емлянинову за большую помощь в проведении данной работы, а также А. А. Цыгикало и персоналу, обслуживающему электростатический генератор, за обеспечение устойчивого режима работы генератора при проведении длительных экспозиций.

Физико-технический институт Академии наук УССР Поступило 14 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ H. L. Jackson, A. I. Galonsky et al., Phys. Rev., **89**, 365 (1953). ² H. L. Jackson, A. I. Galonsky. Phys. Rev., **89**, 370 (1953). ³ И. Т. Дятлов, Л. Н. Розенцвейг, Тр. физ. отд. физ.-мат. фак. Харьковск. гос. унив. им. А. М. Горького, № 6, 81 (1955).

ФИЗИКА

А. Е. ГЛАУБЕРМАН

К ТЕОРИИ РЕАЛЬНОГО ГАЗА С НЕЦЕНТРАЛЬНЫМ ЗАКОНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 12 IV 1956)

рму

Рассмотрим газ, состоящий из молекул, обладающих осевой симметей и несущих постоянный электрический момент (дипольный, квадрульный). Предположим, что закон взаимодействия двух молекул имеет

$$L_{ij}(|\mathbf{q}_i - \mathbf{q}_j|, \vartheta_i, \varphi_i, \vartheta_j, \varphi_j, \vartheta_{ij}, \varphi_{ij}), \tag{1}$$

 \mathbf{q}_i — вектор, определяющий положение центра тяжести молекулы; φ_i — углы, задающие ориентацию вектора электрического момента лекулы в пространстве; ϑ_{ij} , φ_{ij} — соответствующие углы для линии нтров рассматриваемых двух молекул. Уравнения Боголюбова (1) для функции распределения комплексов

стиц имеют в рассматриваемом случае, как легко убедиться, вид

$$\frac{\partial F_s}{\partial q_1^{\alpha}} + \frac{1}{\theta} \frac{\partial U_s}{\partial q_1^{\alpha}} F_s + \frac{1}{4\pi v \theta} \int \frac{\partial}{\partial q_1^{\alpha}} (L_{1,s+1}) F_{s+1} d\mathbf{q}_{s+1} d\Omega_{s+1} = 0,$$

$$\alpha = 1, \dots, s, \quad \theta = kT,$$
(2)

 $(q_1^1, q_1^2, q_1^3); q_1^4 = \vartheta_1, q_1^5 = \varphi_1; d\Omega$ — элементарный телесный угол; U_s тенциальная энергия комплекса в частиц

$$U_s = \sum_{1 \le i < j \le s} L_{ij} + \sum_{1 \le i \le s} \varphi_i, \tag{3}$$

е φ_i — потенциальная энергия i-й молекулы во внешнем поле. Разлагая, как обычно, по степеням плотности п системы

$$F_s = F_s^0 + nF_s^1 + \dots$$
(4)

и соблюдении условий ослабления корреляции, можно решать соответвующие системы уравнений. При этом получаем

$$F_s^0 = C_s^0 \exp(-U_s/\theta),$$
 (5)

е $C_s^0 = (C_1^0)^s$; $C_1^0 = [(1/4\pi)\int \exp(-\varphi_1/\theta) d\Omega_1]^{-1}$. Представляя первое приижение унарной функцией в виде $F_1^1 = C_1^{'} \exp{(-\varphi_1/\theta)}$, находим

$$F_{1}^{1} = \frac{1}{4\pi} \int f_{13} F_{1}^{0}(1) F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} - \left(\frac{1}{4\pi}\right)^{2} F_{1}^{0}(1) \int f_{13} F_{1}^{0}(1) F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{1} d\Omega_{3}$$
(6)

ля сокращения вместо $F_1^0(\vartheta_1 \varphi_1)$ написано $F_1^0(1)$ и т. д.), где $f_{13} =$ $\exp(-L_{13}/\theta)-1$.

63

Рассматривая уравнения для первого приближения s-й функции распределения

$$\frac{\partial F_s^1}{\partial q_1^{\alpha}} + \frac{1}{\theta} \frac{\partial U_s}{\partial q_1^{\alpha}} F_s^1 + \frac{1}{4\pi\theta} \int \frac{\partial}{\partial q_1^{\alpha}} (L_{1,s+1}) F_{s+1}^0 dq_{s+1} d\Omega_{s+1} = 0$$
 (7)

и представляя искомую функцию F_s^1 в виде $F_s^1 = C_s' \exp{(-U_s/\theta)}$, получаем

$$C_{s}' = \frac{1}{4\pi} \int (C_{1}^{0})^{s} \prod_{1 \le i \le s} (1 + f_{i,s+1}) F_{1}^{0}(s + 1) d\mathbf{q}_{s+1} d\Omega_{s+1} + k_{s}', \tag{8}$$

и из условий ослабления корреляции

$$k_{s}' = -\frac{1}{4\pi} \int \left\{ 1 + \frac{(C_{1}^{0})^{s}}{4\pi} \sum_{i=1}^{s} \int f_{i,s+1} F_{1}^{0}(s+1) d\Omega_{i} \right\} d\mathbf{q}_{s+1} d\Omega_{s+1}. \tag{9}$$

Аналогичным образом могут быть определены более высокие приближения. В частном случае дипольного газа $\varphi_1 = pE \cos \vartheta_1$, где p- дипольный момент молекулы; E- напряженность электрического поля. В этом случае, сохраняя лишь члены, содержащие плотность системы в первой степени, получим

$$F_{1} = \left(\frac{\beta}{\sinh\beta}\right) e^{\beta \cos\theta_{1}} + \frac{n}{4\pi} \left(\frac{\beta}{\sinh\beta}\right)^{2} e^{\beta \cos\theta_{1}} \left\{ \int f_{13} e^{\beta \cos\theta_{3}} d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} - \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\beta}{\sinh\beta}\right) \int f_{13} e^{\beta \cos\theta_{1}} e^{\beta \cos\theta_{3}} d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} d\Omega_{1} \right\};$$

$$F_{2} = e^{-L_{12}|\theta} e^{\beta (\cos\theta_{1} + \cos\theta_{2})} \left(\frac{\beta}{\sinh\beta}\right)^{2} \left[1 + \frac{1}{4\pi} \int f_{13} f_{23} F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} d\Omega_{3} + \frac{1}{4\pi} \int f_{13} f_{23} F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} d\Omega_{$$

$$+\frac{1}{4\pi} \int f_{13} F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} + \frac{1}{4\pi} \int f_{23} F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} - \left(\frac{1}{4\pi}\right)^{2} \int f_{13} F_{1}^{0}(1) F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} d\Omega_{1} - \left(\frac{1}{4\pi}\right)^{2} \int f_{23} F_{1}^{0}(2) F_{1}^{0}(3) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} d\Omega_{2} \right], (11)$$

где $\beta = pE/kT$.

 \vec{B} силу свойств ориентационной части дипольного потенциала логарифмически расходящийся член, возникающий при интегрировании по \mathbf{q}_3 , исчезает, и ряды для функции распределения комплексов частиц хорошо сходятся при достаточно малой плотности системы.

Знания унарной и бинарной функций распределения в первом приближении достаточно для вычисления средней потенциальной энергий системы с точностью до членов, содержащих малый параметр в квадрате:

$$\overline{U}_{N} = \frac{N(N-4)}{2(4\pi\nu)^{2}} \int L_{12} (F_{2}^{0} + nF_{2}^{1}) d\mathbf{q}_{1} d\mathbf{q}_{2} d\Omega_{1} d\Omega_{2} - \frac{N}{4\pi\nu} \int \beta \cos \vartheta_{1} (F_{1}^{0} + nF_{1}^{1}) d\mathbf{q}_{1} d\Omega_{1},$$
(12)

Через среднюю потенциальную энергию \overline{U}_N можно обычным путем выразить соответствующую часть свободной энергии и определить все равновесные характеристики дипольного газа; в частности, таким путем получается строгая теория поляризационных свойств дипольного газа Взаимный потенциал L_{ij} для этого случая выбирается в виде (Штокмайер)

$$L_{ij} = \chi_{ij} + \frac{\mathbf{p}_i \mathbf{p}_j}{r_{ij}^3} - 3 \frac{(\mathbf{p}_i \mathbf{r}_{ij}) (\mathbf{p}_j \mathbf{r}_{ij})}{r_{ij}^5}, \tag{13}$$

где χ_{ij} — короткодействующий потенциал Леннарда — Джонса.

Подобным же образом строится теория газа, состоящего из молекул, дающих более высоким электрическим моментом, например квадруьным.

13 полученных выше общих формул легко получается теория газа, оящего из неполярных осесимметричных молекул, например двухиных, для которых ориентационное взаимодействие является слабым. ъмем взаимный потенциал для таких молекул в виде

$$L_{ij} = \Phi_{ij}(|\mathbf{q}_i - \mathbf{q}_j|)[1 + \lambda g_{ij}(\vartheta_i, \varphi_i, \vartheta_j, \varphi_j, \vartheta_{ij}, \varphi_{ij})], \qquad (14)$$

 Φ_{ij} — короткодействующий потенциал, соответствующий центральным им; $g_{ij}(\vartheta_i, \varphi_i, \vartheta_j, \varphi_j, \vartheta_{ij}, \varphi_{ij})$ — часть, описывающая ориентационное имодействие; λ — малый параметр. В отсутствие внешних полей из их формул после разложения по степеням д получаем для первого Ближения бинарной функции распределения

$$F_{2}^{1} = F_{2}^{10} + \lambda \left\{ -\frac{U_{2}^{'}}{\theta} F_{2}^{10} - \frac{1}{4\pi\theta} \int \left(\sum_{i=1} \Phi_{i3} g_{i3} \right) \exp\left(-\frac{U_{3}^{'}}{\theta} \right) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} + a_{2}^{11} \exp\left(-\frac{U_{2}^{'}}{\theta} \right) \right\} + \lambda^{2} \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{U_{2}^{'}}{\theta} \right)^{2} F_{2}^{10} - \left(\frac{U_{2}^{'}}{\theta} \right) F_{2}^{11} + \frac{1}{4\pi\sigma^{2}} \int \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^{2} \Phi_{i3} g_{i3} \right)^{2} \exp\left(-\frac{U_{3}^{'}}{\theta} \right) d\mathbf{q}_{3} d\Omega_{3} + a_{2}^{12} \exp\left(-\frac{U_{2}^{'}}{\theta} \right) \right\} + \dots, \quad (15)$$

$$a_{s}^{11} = \frac{1}{(4\pi)^{2}\theta} \sum_{i=1}^{s} \int \exp\left(-\frac{\Phi_{i,s+1}}{\theta}\right) \Phi_{i,s+1} g_{i,s+1} d\mathbf{q}_{s+1} d\Omega_{i} d\Omega_{s+1},$$

$$a_{s}^{12} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{4\pi\theta}\right)^{2} \sum_{i=1}^{s} \int \exp\left(-\frac{\Phi_{i,s+1}}{\theta}\right) (\Phi_{i,s+1} g_{i,s+1})^{2} d\mathbf{q}_{s+1} d\Omega_{i} d\Omega_{s+1}.$$
(16)

$$U'_{s} = \sum_{1 \leq i < j \leq s} \Phi_{ij} (|\mathbf{q}_{i} - \mathbf{q}_{j}|) g_{ij} (\vartheta_{i}, \varphi_{i}, \vartheta_{j}, \varphi_{j}, \vartheta_{ij}, \varphi_{ij}),$$

$$U'_{s} = \sum_{1 \leq i < j \leq s} \Phi_{ij} (|\mathbf{q}_{i} - \mathbf{q}_{j}|), \tag{17}$$

$$F_s^{10} = \exp\left(-\frac{U_s^0}{\theta}\right) \int \left\{ \prod_{1 \leqslant i \leqslant s} (1 + f_{i,s+1}) - 1 - \sum_{1 \leqslant i \leqslant s} f_{i,s+1} \right\} d\mathbf{q}_{s+1}$$
 (18)

 $f_{ij} = \exp\left(-\varphi_{ij}\left(|\mathbf{q}_i - \mathbf{q}_j|\right)/\theta\right) - 1,$

$$F_s^{11} = -\frac{U_s'}{\theta} F_s^{10} - \frac{1}{4\pi\theta} \sum_{1 \le i \le s} \int \Phi_{i,s+1} g_{i,s+1} F_{s+1}^{00} d\mathbf{q}_{s+1} d\Omega_{s+1} + a_s^{11} \exp\left(-\frac{U_s^0}{\theta}\right), \tag{19}$$

$$F_s^{00} = \exp\left(-\frac{U_s^0}{\theta}\right)$$
, $F_s^{01} = -\frac{U_s'}{\theta} F_s^{00}$ и т. д. (20)

Во всех формулах первый верхний индекс в F_s^{hl} указывает порядок оближения по плотности, а второй индекс — порядок по λ. Используя бинарную функцию с точностью до членов первого порядка обоим параметрам, можно рассчитать равновесные свойства такой темы в удовлетворительном приближении. Так например, сравнительно

легко вычисляются второй и третий вириальные коэффициенты:

$$B = B^{c} \left[1 - \lambda \overline{g} \theta \frac{d}{d\theta} \ln \beta_{1} - \lambda^{2} \overline{g}^{2} \left(1 + \theta \frac{d}{d\theta} \ln \beta_{1} \right) \right], \tag{21}$$

$$C = C^{c} \left[1 - \lambda \overline{g} \theta \frac{d}{d\theta} \ln \beta_{2} - \lambda^{2} \overline{g}^{2} \left\{ 1 + \theta \frac{d}{d\theta} \ln \beta_{2} + \frac{d}{\theta} \ln \beta_{2} \right\} \right] + 6 \left(\frac{\overline{g_{12} \sigma_{13}}}{\overline{\sigma^{2}}} - 1 \right) \frac{1}{\beta_{2}} \left\{ \theta \gamma d\theta + 6 \frac{\overline{g_{12} g_{13}} - \overline{g}^{2}}{\overline{\sigma^{2}}} \frac{1}{\beta_{2}} \int \theta \left(\frac{d\beta_{1}}{d\theta} \right)^{2} d\theta \right\} \right], \tag{22}$$

где B^c и C^c — второй и третий вириальные коэффициенты, получающиеся при пренебрежении нецентральным взаимодействием, т. е. для взаимного потенциала $\Phi_{ij}(|\mathbf{q}_i-\mathbf{q}_j|);$ β_1 и β_2 — соответственно, первый неприводимый интеграл также для случая чисто центральных сил

$$\begin{split} \widetilde{g^n} &= \left(\frac{1}{4\pi}\right)^3 \int g_{12}^n d\Omega_1 d\Omega_2 d\Omega_{12}; \\ \gamma &= \int \frac{\partial f_{12}}{\partial \theta} \frac{\partial f_{13}}{\partial \theta} f_{23} d\mathbf{q}_2 d\mathbf{q}_3. \end{split}$$

Таким образом, метод функций распределения комплексов частиц (1) позволяет построить строгую теорию реальных газов с учетом не только центрального взаимодействия, но и всех форм взаимодействия ориентационного, имеющую ряд преимуществ перед теориями другого типа ($^{2-8}$).

Львовский государственный университет им. Ив. Франко

Поступило 11 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Н. Боголюбов, Проблемы динамической теории в статистической физике, М.—Л., 1946. ² Р. Dеbye, Phys. Zs., **36**, 193 (1935) ³ L. Onsager, J. Am. Chem. Soc., **58**, 1986 (1936). ⁴ J. H. van Vleck, J. Chem. Phys., **5**, 999 (1937). ⁵ J. G. Kirkwood, J. Chem. Phys, **7**, 911 (1939). ⁶ J. H. Rowlinson, J. Chem. Phys., 19, 827 (1951). ⁷ J. A. Pople, Proc. Roy. Soc., **A215**, 67 (1952). ⁸ J. A. Barker, Proc. Roy. Soc., **A219**, 367 (1953).

ФИЗИКА

м. с. лившиц

О МАТРИЦЕ РАССЕЯНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 12 IV 1956)

3 настоящей работе выводится несамосопряженный оператор энергии межуточной системы, образующейся в процессе упругих столкновений с частиц, с учетом релятивистской зависимости массы этих частиц корости. Устанавливается существование тесной связи между матей рассеяния и так называемой характеристической матрицей-функі (1-4) соответствующего несамосопряженного оператора энергии, что возможность в ряде случаев восстанавливать оператор энергии по нной матрице рассеяния. В связи с этим обобщается известная фора Вигнера — Айзенбада (5) на случай непрерывного спектра промеочной системы. В качестве применения мы находим оператор энергии модели элементарных частиц Гейзенберга (6).

Для выяснения сущности метода мы ограничимся рассмотрением угих столкновений двух незаряженных частиц $a_1+a_2 \rightarrow C \rightarrow a_2+a_1$, С — «промежуточная» или «составная» система. Допустим, что мо-

t количества движения t частиц и их спины равны нулю.

олновую функцию рассматриваемой системы удобно представлять иде вектора с двумя компонентами $\binom{u(r)}{v(r)}$, где u(r) и v(r) опредется равенствами

$$u(r) = \begin{cases} \frac{a_0}{r} \left\{ e^{-i\frac{p}{\hbar}} \stackrel{r}{-} S(W) e^{i\frac{p}{\hbar}} \stackrel{r}{-} \right\} & (r > R); \quad \text{on a property } \\ 0 & (r < R); \end{cases}$$

$$(1)$$

$$u(r) = \begin{cases} \frac{a_{0}}{r} \left\{ e^{-i\frac{p}{\hbar}} \frac{r}{r} - S(W) e^{i\frac{p}{\hbar}} r \right\} & (r > R); \\ 0 & (r < R); \end{cases}$$

$$v(r) = \begin{cases} 0 & (r > R); \\ \sum_{k=1}^{\infty} f_{k} v_{k}(r) & (r < R). \end{cases}$$
(2)

сь $v_h\left(r
ight)$ — полная ортонормированная система волновых функций межуточной системы в интервале (0, R); $f_k (k = 1, 2, ...)$ — постоянкоэффициенты; R — радиус канала реакции (7).

и распада и образования промежуточной системы.

 Φ ункцию $u\left(r
ight)$ можно также записать в виде

$$u(r) = \frac{\text{const}}{r} \left\{ e^{-i\frac{p}{\hbar}(r-R)} - S_0(W) e^{i\frac{p}{\hbar}(r-R)} \right\} \quad (r > R), \tag{3}$$
5*

где $S_0\left(W\right)=e^{2i\frac{p}{\hbar}R}S\left(W\right)$ описывает рассеяние, связанное с образованием промежуточной системы. Функцию $S_0\left(W\right)$ мы будем называть приведенной (одномерной) матрицей рассеяния. Вводя функции $F_p\left(r\right)=\frac{1}{r}\sin\frac{p}{\hbar}\left(r-R\right)$ и $G_p\left(r\right)=\frac{1}{r}\cos\frac{p}{\hbar}\left(r-R\right)\left(r>R\right)$ ($F_p\left(r\right)=G_p\left(r\right)=0$ при r< R), можно представить функцию $u\left(r\right)$ в виде

$$u(r) = aF_p(r) + b[G_p(r) + iF_p(r)].$$
 (4)

Чтобы учесть релятивистскую зависимость массы частиц от скорости, мы перейдем к представлению в импульсном пространстве. Представители (r|) и (p|) некоторого состояния связаны соотношением

$$(r|) = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2}{\pi \hbar}} \int_{0}^{\infty} (p|) \sin \frac{p(r-R)}{\hbar} p \, dp \quad (r > R).$$

Отсюда следует, что в p-представлении состояния $F_{p'}(r)$ и $G_{p'}(r)$ имеют вид

$$\widetilde{F}_{p'}(p) = \sqrt{\frac{\pi \hbar}{2}} c^2 \left(\frac{1}{W_1'} + \frac{1}{W_2'} \right) \delta(W' - W);$$

$$\widetilde{G}_{p'}(p) = -\sqrt{\frac{2\hbar}{\pi}} \frac{1}{p'^2 - p^2} .$$
(5)

Из соотношений (5) следует

$$(W' - W) \widetilde{F}_{p'}(p) = 0. \tag{6}$$

Рассмотрим теперь волновое уравнение $\left\| egin{array}{c} W & \Gamma \\ \Gamma^* & A \end{array} \right\| \left(egin{array}{c} u \\ v \end{array} \right) = W' \left(egin{array}{c} u \\ v \end{array} \right)$, распадающееся на два уравнения

$$Wu + \Gamma v = W'u, \tag{7}$$

$$\Gamma^* u + Av = W'v. \tag{8}$$

(1) Из соотношений (4), (6), (7) следует

$$b\widetilde{\Phi}_{p'}(p) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k \Gamma v_k, \quad \widetilde{\Phi}_{p'}(p) = -\sqrt{\frac{2\hbar}{\pi}} \frac{W' - W}{p'^2 - p^2}.$$
 (9)

(2) В соответствии с равенством (9) мы будем считать, что

$$\Gamma v_k = \gamma_k \widetilde{\Phi}_{p'}(p), \tag{10}$$

где γ_k $(k=1,\ 2,\ \ldots)$ — некоторые числовые множители. Отсюда следует, что b есть линейная функция от f_k $(k=1,\ 2,\ \ldots)$

$$b = \sum_{k=1}^{\infty} f_k \gamma_k. \tag{11}$$

Найдем еще скалярные произведения

$$(\widetilde{\Phi}_{p'}(p), \ \widetilde{F}_{p'}(p)) = -\frac{\hbar}{2} c^2 \left(\frac{1}{W_1'} + \frac{1}{W_2'} \right) p' = -\frac{\hbar}{2} (V_1' + V_2');$$

$$(\widetilde{\Phi}_{p'}(p), \ \widetilde{G}_{p'}(p)) = 0.$$

. Умножая обе части уравнения (8) скалярно на $v_k(r)$ ($k=1, 2, \ldots$) спользуя соотношения (4), (10), (11), будем иметь

$$-a\gamma_{k}^{*}\frac{\hbar}{2}(V_{1}'+V_{2}')-i\sum_{j=1}^{\infty}f_{j}\gamma_{j}^{*}\gamma_{k}\frac{\hbar}{2}(V_{1}'+V_{2}')+\sum_{j=1}^{\infty}A_{jk}f_{j}=W'f_{k}, \quad (13)$$

$$A_{jk}=(Av_{j}, v_{k}).$$

Введем в рассмотрение векторы $\mathbf{f} = \{f_k\}$ с компонентами f_1, f_2, \ldots и

граторы A, B, H, H^* , определенные равенствами

$$[Af]_{h} = \sum_{j=1}^{\infty} A_{jh} f_{j}, \quad [Bf]_{h} = \sum_{j=1}^{\infty} f_{j} \beta_{j}^{*} \beta_{h} \quad \left(\beta_{h} = \gamma_{h}^{*} \sqrt{\frac{\hbar}{2} (V_{1} + V_{2})}\right), \quad (14)$$

$$H = A + iB, \quad H^{*} = A - iB,$$

 $[Af]_k$, $[Bf]_k$ $(k=1,\ 2,\ldots)$ — компоненты векторов Af и Bf. С поцью соотношений (14) уравнение, определяющее состояе f промежуточной системы, можно переписать в фор-

$$H^*\mathbf{f} - W\mathbf{f} = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{\hbar}{2} (V_1 + V_2)} \mathbf{1}, \quad \mathbf{1} = \{\sqrt{2} \beta_h\}.$$
 (15)

Используя равенства (4), (11), (15), мы получим следующее выраение для матрицы рассеяния:

$$S(W) = e^{-2i\frac{p}{\hbar}R} S_0(W), \quad S_0(W) = 1 + i((H^* - WI)^{-1}I, 1).$$
 (16)

Функция $S_0(W)$, связанная с оператором H соотношением (16), навается характеристической функцией оператора Н. Она изучалась в

де работ по теории несамосопряженных операторов (1-4). Из уравнения $ih\frac{d\mathbf{f}}{dt}=H^*\mathbf{f}$ вытекает, что $\frac{d}{dt}\frac{\mathbf{f}}{\mathbf{f}}=-\frac{1}{\hbar}|(\mathbf{f},\mathbf{l})|^2$.

Таким образом, полная вероятность Р распада (в единицу времени) омежуточной системы определяется формулой

$$P = \frac{1}{\hbar} (1, 1) = \frac{2}{\hbar} \sum_{j=1}^{\infty} |\beta_j|^2.$$
 (17)

Используя равенство (16), можно найти новое выражение для (W), являющееся обобщением известной формулы Вигера — Айзенбада:

$$S_{0}(W) = \frac{1 + \frac{iP\hbar}{2} \varphi(W)}{1 - \frac{iP\hbar}{2} \varphi(W)}, \quad \varphi(W) = ((A - WI)^{-1} \mathbf{1}_{0}, \mathbf{1}_{0}). \tag{18}$$

Имеет место формула $\varphi(W)=\int\limits_{-\infty}^{b} \frac{d\sigma(t)}{t-W} \qquad (\mathbf{1}_{0}=1/(\mathbf{1},\mathbf{1})^{1/2}), \qquad$ где $\sigma(t)=$

 $(E_t \mathbf{l}_0, \mathbf{l}_0)$ — неубывающая функция; E_t — спектральное семейство (8)

мосопряженного оператора A.

Интересно отметить, что, зная $S_{0}\left(W\right)$ и характер зависимости вечины P от энергии W, можно найти $\varphi(W)$, а по $\varphi(W)$, с помощью ррмулы обращения Стильтьеса (8), можно восстановить $\sigma(t)$ ($a \leqslant t \leqslant b$). пание же функции $\sigma(t)$ достаточно для построения оператора энергии в различных представлениях.

69

В качестве примера рассмотрим функцию рассеяния

$$S_0(W) = -\frac{iW - \alpha V \overline{W^2 - (2m)^2}}{iW + \alpha V \overline{W^2 - (2m)^2}} \quad (c = 1)$$

для упругих столкновений двух одинаковых частиц, которая лишь знаком отличается от функции, введенной Гейзенбергом (6) в простейшей модели элементарных частиц. Переписывая функцию $\mathcal{S}_{_0}(W)$ в виде

$$S_0(W) = \frac{1 - \frac{iW}{\alpha} \frac{1}{\sqrt{W^2 - (2m)^2}}}{1 + \frac{iW}{\alpha} \frac{1}{\sqrt{W^2 - (2m)^2}}}$$

и сравнивая с (18), мы положим

$$\varphi(W) = \frac{-1}{\sqrt{W^2 - (2m)^2}}, \quad P = \frac{2W}{\alpha \hbar}.$$
 (19)

В работе (9) было показано, что оператор A, для которого функция $\varphi(W)$ задается формулой (19), может быть приведен с помощью унитарного преобразования к виду

$$2m \begin{vmatrix} 0 & V^{\frac{1}{2}} & 0 & 0 & \dots & \\ V^{\frac{1}{2}} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \dots & \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & \dots & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \end{vmatrix}$$
 (20)

Вектор \mathbf{l}_0 переходит при этом преобразовании в $\mathbf{l}_0=(1,\ 0,\ 0,\dots)$. Таким образом, оператор энергии промежуточной системы в модели Гейзенберга имеет вид

$$H^* = A - \frac{iW}{\alpha \hbar} J_0, \quad J_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \dots \end{bmatrix}. \tag{21}$$

В работе (9) доказывается, что оператор A имеет чисто непрерывный спектр, заполняющий интервал (-2m, 2m).

Одесский гидрометеорологический институт Поступило 28 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. С. Лившиц, Матем. сборн., 34 (76), 145 (1954). ² М. С. Лившиц, Матем. сборн., 19 (61), 239 (1946). ³ В. П. Потапов, ДАН, 72, № 5, 849 (1950). ⁴ М. С. Бродский, ДАН, 97, № 5 (1954). ⁵ Е. Р. Wigner, L. Eisenbud, Phys. Rev., 72, 29 (1947). ⁶ W. Неізепьегд. Zs. f. Phys., 123, Н. 1—2 (1944). ⁷ Дж. Блатт, В. Вайскопф, Теоретическая ядерная физика, ИЛ, 1954. ⁸ В. И. Смирнов, Курсвысшей математики, 5, М.— Л., 1947. ⁹ М. С. Лившиц, ДАН, 97, № 3 (1954).

С. И. НИКОЛЬСКИЙ, Ю. Н. ВАВИЛОВ и В. В. БАТОВ

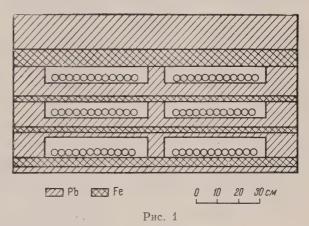
ССЛЕДОВАНИЕ ЯДЕРНО-АКТИВНОЙ КОМПОНЕНТЫ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 23 V 1956)

Согласно существующим в настоящее время представлениям (1), ядерногивные частицы составляют основу развития широкого атмосферного ливня. а. л.) в атмосфере. Однако экспериментальные данные об энергии, таве, пространственном распределении и количестве ядерно-активных стиц в ливне пока что довольно скудны. В данной статье излагаются ре-

пьтаты опытов по изучею пространственного раседеления и числа ядернотивных частиц с энергией 10^9 эв.

Измерения были провены на высоте 3860 м надовнем моря (Памир) лем и осенью 1954 г. Эксриментальная установе, аналогичная установком позволяла определить гочностью до 1 м место охождения оси в каждом тересующем нас случае гистрации ш. а. л. Одъременное измерение



отности потока ливневых частиц на разных расстояниях от оси ливня вало возможность подсчитать полное число заряженных частиц в кажм зарегистрированном ливне с относительной ошибкой $\leq 10\%$.

Плотность потока ядерно-активных и ядерно-пассивных частиц опрелялись с помощью детектора проникающих частиц методами, изложенными работах (3 , 4). Устройство детектора проникающих частиц с тремя рядами

доскопических счетчиков приведено на рис. 1.

Прохождение заряженной ядерно-пассивной частицы (μ-мезона) через ющадь счетчиков среднего ряда детектора вызывало одновременное поление разряда в одиночном счетчике не менее чем в двух рядах детектора. Бразование в веществе детектора электронно-ядерного ливня ядерно-аквной частицей или δ-ливня μ-мезоном выделялось по возникновению разова в двух и более счетчиках одного ряда. Число δ-ливней, связанных с рохождением ядерно-пассивной компоненты ш. а. л. учитывалось по числу учаев прохождения ядерно-пассивных частиц без образования регистричемого δ-ливня. Вероятность образования и регистрации δ-ливней, вызываемых μ-мезонами ш. а. л. была определена в тех же опытах.

При анализе экспериментальных результатов все зарегистрированные период наблюдения ш.а.л. были подразделены на группы с различными полному числу частиц ливнями. Для каждой группы определялась

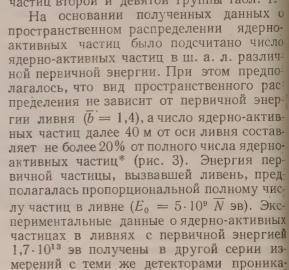
функция пространственного распределения ядерно-активных частиц в интервале расстояний 1-40 м от оси ливня. Во всех случаях функция могла быть представлена в виде $\sim r^{-b}$, где r — расстояние до оси ливня. Значение показателя b для 9 групп ш. а. л. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Полное число заряжен- $1,5 \cdot 10^{5}$ $3 \cdot 10^{5}$ $0.9 \cdot 10^{5}$ $0.4^{\circ} \cdot 10^{5}$ $0.65 \cdot 10^{5}$ ных частиц \overline{N} 1,6+0,16 $1,75\pm0,2$ $1,6\pm0,22$ $1,6\pm0,25$ $1,3\pm0,5$ Полное число заряжен- $12 \cdot 10^{6}$ 9.10^{5} 7 - 105 $5 \cdot 10^{5}$ ных частиц N $1,2\pm0,13$ 0,85+0,25 $1,4\pm0,12$ 0,9+0,18

Если пренебречь намечающейся тенденцией к уменьшению величины в ${f c}$ ростом первичной энергии ливня, то, усредняя значения b, получим b=1,4+0,1. На рис. 2 приведены экспериментальные данные о простран-

ственном распределении ядерно-активных частиц второй и девятой группы табл. 1.



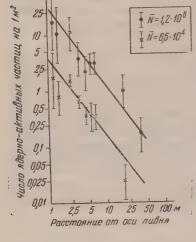


Рис. 2

ющих частиц. Подсчет выполнен в перечисленных выше предположениях. Прежде всего следует указать, что особенность кривой рис. З при $E_0 \! \simeq \! 10^{15}$ эв не связана с предположением о неизменности вида функции пространственного распределения ядерно-активных частиц в ливне. Это можно видеть по результатам подсчета числа ядерно-активных частиц без указанного выше предположения. Соответствующие значения, статистические ошибки которых весьма велики, отложены крестиками на рис. 3.

Экспериментальные данные были обработаны также с более жестким условием отбора случаев возникновения электронно-ядерных ливней в веществе детектора. Требовалось наличие разрядов по крайней мере в двух парах годоскопических счетчиков, расположенных в различных рядах детектора. При указанном условии отбора необходимо образование в акте ядерного взаимодействия не менее двух проникающих частиц, что повышает среднюю энергию отбираемых событий и практически исключает возможность регистрации δ-ливней от μ-мезонов. Результаты подсчета числа ядерно-активных частиц, вызывающих указанное событие, в интервале расстояний от оси ливня 2—8 м хорошо укладываются на кривую, проведенную в соответствий с рис. 3 (см. рис. 4). На рис. 4 двумя треугольниками помечены пересчитан-

^{*} Получено сопоставлением данных настоящей работы с результатами нашей более ранней работы (3).

е данные работы (5), выполненной на высоте 3260 м и иными методами, с указанным выше критерием отбора ядерно-активных частиц*.

Как видно из кривых с. Зи 4 в области энергии рвичных частиц меньших ¹⁵ эв число ядерно-активіх частиц пропорциональ- $\sim E_0^{0,2}$. В области больих первичных энергий сло ядерно-активных часц пропорционально $\sim E_0$. зкое изменение наклона ривых при энергии перчной частицы $\sim 10^{15}$ эв ис. 3 и 4) нам представчется наиболее естественлм связать с возможным

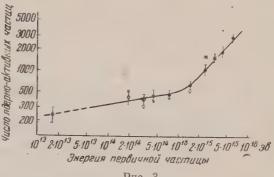
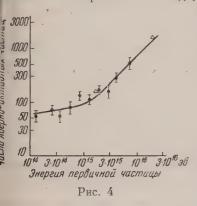


Рис. 3

менением характера элементарного акта взаимодействия частиц при пергии $\sim 10^{15}$ эв. Медленное возрастание числа ядерно-активных частиц увеличением энергии первичной частицы до ~1015 эв соответствует обраванию в первом акте ядерного взаимодействия одной энергетически



выделенной частицы, сохраняющей свое выделенное положение в последующих взаимодействиях. Множественность образования вторичных частиц меньших энергий слабо зависит от энергии взаимодействующей частицы ($\leq E^{1/4}$). Совокупность экспепротиворечит риментальных данных не такой точке зрения (°). В области энергий, превышающих $\sim 10^{15}$ эв в первом акте ядерного столкновения, энергия первичной частицы распределяется между несколькими вторичными частицами, каждая из которых имеет энергию $\lesssim 10^{15}$ эв и сохраняет свое выделенное положение при последующих взаимодействиях. Число таких вторичных

астиц пропорционально энергии первичной частицы.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Н. А. Доботину и Г. Т. Зацепину за ценное обсуждение полученных результатов. В проведении работы принимал участие большой коллектив сотрудников Ризического института АН СССР и студентов МГУ. Всем товарищам по аботе, и в особенности О. И. Довженко, Е. И. Тукиш и В. Я. Яковлеву, вторы выражают свою глубокую признательность.

Физический институт им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР

Поступило 18 V 1956

ШИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. А. Добротин, Г. Т. Зацепин и др., Усп. физ. наук, 49, 185 (1953). Ю. Н. Вавилов, С. И. Никольский, Е. И. Тукиш, ДАН, 93, 233 953). ³ Ю. Н. Вавилов, С. И. Никольский, В. П. Саранцев, ЭТФ, 28, 505 (1955). ⁴ А. Т. Абросимов, В. И. Зацепин и др., Изв. АН ССР, сер. физ., 19, 677 (1955). ⁵ Н. Каѕпітz, К. Sітте, Phys. Rev., 94, 977 (1954). Н. А. Добротин, Г. Т. Зацепин и др., Изв. АН СССР, сер. физ., 19, 666 (1955).

^{*} В работе (5) имеется третья группа ш. а. л., пересчет данных которой затруднителен, к как пространственное распределение всех заряженных частиц в этой группе ливней оотиворечит нашим результатам (2). 73

АНДРЕЙ ПОПОВИЧ

нелинейность и конформная взаимность

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 12 IV 1956)

1. Пусть k — гравитационная постоянная Эйнштейна, $ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k$ — метрика, $g_{ik} = g_{kl}$, $g = |g_{ik}| (i, k = 0, \dots, 3)$. Пусть Γ_{lk} , Γ — соответственно, свернутый тензор кривизны и скаляр кривизны, составленные из коэффициентов конформной связности Вейля Γ^i_{kl} , соответствующих метрике $\hat{g}_{ik} = \psi g_{ik}$ (ψ веса — 1 по отношению к g_{ik}). Пусть p_{ik} — электромагнитное поле (с потенциалом p_i) с абсолютным значением $P/\sqrt{2} = P'\sqrt{k/2} = P'_r/\sqrt{2}$, $P_{ik} = p_{ir}p_k^r/P$, $L_{ik} = \Gamma\Gamma_{ik} + PP_{ik}$, $L = L_r^r = \Gamma^2 + P^2$. $Q_{ik} = \Gamma(\Gamma_{ik} - 1/4\Gamma g_{ik})$, $S_{ik} = P(P_{ik} - 1/4Pg_{ik})$. Γ_{ik} , P_{ik} (а также p_{ik}) зависят лишь от отношений величин g_{ik} (следовательно, от \hat{g}_{ik}); вариация $L\sqrt{g}$ по g_{ik} , p_i дает (16 , 17) конформно-ковариантные уравнения

$$Q_{ik} = -S_{ik}$$
 (или $L_{ik} = {}^{1}/_{4}Lg_{ik}$) (1a); $\partial (p^{ik}\sqrt{g})/\partial x^{k} = 0$ (1b)

(1а) являются гравитационными, а (1b) — электромагнитными уравнениями. Имеем $(Q_i^h \sqrt{g})_{;_k} + (S_i^h \sqrt{g})_{;_k} = 0$. В других работах (20) гравитационные уравнения $Q_{ik} = 0$ выводятся из $\Gamma^2 \sqrt{g}$ в частном случае $\psi \equiv \Gamma$.

2. Πусть
$$U = L/2\Gamma = -if$$
, $V = L/2P = in$, $\Gamma_{lk}/J_{ik} = J_{lk}/N_{lk} = P_{ik}/H_{ik} = H_{ik}/F_{ik} (= p_{ik}/h_{ik} = h_{ik}/f_{ik}) = \Gamma/J = J/N = P/H = H/F = T/J = J/N =$

(3) дает пары решений
$$\Gamma = U$$
 $(1+\varepsilon)$, $P = V$ $(1-\varepsilon)$, $L = 2U^2$ $(1+\varepsilon) = 2V^2$ $(1-\varepsilon) = 4h_1' = 4\varepsilon l_1'$ и $\Gamma = U$ $(1-\varepsilon)$, $P = V$ $(1+\varepsilon)$, $L = 2U^2$ $(1-\varepsilon) = 2V^2$ $(1+\varepsilon) = 4h_2' = -4\varepsilon l_2'$. Соотношения (1b), (2)(в $P, F, f = iU$) и $L = 2U^2$ $(1-\varepsilon)$ совпадают с формулами первой варианты нелинейной электродинамики Борна и Инфельда $(7, 11)$; $U/V\overline{2} = -if/V\overline{2}$ — «максимальное электромагнитное поле»; $-iV/V\overline{2} = n/V\overline{2}$ — «максимальное гравитационное поле». Гамильтониан h_2' и лагранжиан $l_2' = -\mu h_2'$ теории Борна — Инфельда соответствуют конформному лагранжиану L .

3. Пусть
$$s = 1/w = (\epsilon + 1)/(\epsilon - 1)$$
, $\epsilon = 1/\mu = (s + 1)/(s - 1)$.
$$L = A^2 + A^2 = -2iA \quad a = 2i \quad A \quad a = L^r_r ,$$
 $\beta \alpha \quad \beta + 1, \alpha + 1 \quad \beta, \alpha + 1, \beta + 2, \alpha \quad \beta \alpha$,

$$\stackrel{!}{=} \underset{\beta \alpha}{A} \underset{\beta \alpha}{A_i^k} + \underset{\beta, \alpha+1}{A} \underset{\beta, \alpha+1}{A_i^k}, \underset{\beta, \alpha-1}{A_i^k} + \underset{\beta, \alpha+1}{A_i^k} = -(1-s) \left(\underset{\beta \alpha}{A_i^k} - \underset{\beta}{}^{1/2} \underset{\beta \alpha}{A\delta_i^k} \right) / i V_s,$$

$$\stackrel{A_i^k}{=} \underset{\beta, \alpha-1}{A_i^k} = -(1+s) \underset{\beta \alpha}{A_i^k} / i V_s, \underset{\beta \alpha}{=} \underset{\beta \alpha}{A_r^r}$$

, α — целые $\geqslant 0$). Для индексов $\beta = 0$, 1, 2 и 2α отождествляем A соот-

тственно с Γ , J, N, а a с γ , j, n = -i V. Для $\beta = 0, 1, 2$ $2\alpha + 1$ A отождествляется с P, H, F, а a с p, h, f = i U. есная связь вышеуказанных тензоров Γ_{ih} , P_{ih} (или f_{ih}) аналогична теои В. А. Фока (9). Имеем

$$s = (1 - 4 a^{2} / A^{2})^{1/2} = (1 + 4 a^{2} / A^{2})^{1/2};$$

$$\varepsilon = (1 + A^{2} / a^{2})^{1/2} = (1 - A^{2} / a^{2})^{-1/2};$$

$$(4)$$

$$A^{2} - a^{2} + a^{2} = 0; \quad 4 \quad a^{2} - A^{2} + A^{2} = 0.$$

$$\beta^{2} + \beta^{2} = 0.$$

$$\beta^{2} + \alpha^{2} + A^{2} = 0.$$

$$(5)$$

Имеем
$$L=4h_{1}^{'},\ L=4l_{1}^{'}=\mu L,\ L=-\omega L=4h_{2}^{'},\ L=4l_{2}^{'}=\mu \omega L.$$

4. Пусть в системе размерностей Калантарова ε₀є'— диэлектрическая остоянная; q_0 и $\varphi_0' = c\varphi_0$ — электрические и магнитные (канонически соояженные) меры заряда; $e_0 = e/\delta$ — механическая («гравитационная») о мера; a — радиус элементарной заряженной частицы; $W=m/\delta^2$ — ее пергия; $\delta = \sqrt{k/c}$. Имеем «конформные» соотношения

$$/e_0 = e_0 / W = \lambda \delta (\alpha / e = e / m = \lambda); (6a); q_0 / e_0 = e_0 / \varphi_0' = (\varepsilon' \varepsilon_0)^{1/2} = (c^2 \mu' \mu_0)^{-1/2} (6b)$$

аналогичные с (6а) соотношения для квантов времени (¹), «импульса» тока. Имеем соответствия $P,\ F,\ H \leftrightarrow \Gamma,\ N,\ J$ и $P,\ P \leftrightarrow \Gamma,\ \Gamma$, опрежляемые конформными факторами V $\bar{\varepsilon},\ i\ V$ \bar{s} (и аналогично для всех A

a). Изменение диэлектрической постоянной $\epsilon' \epsilon_0$, постулированное неливиной электродинамикой, и изменение гравитационной постоянной k, по-

улированное Дираком и проективной теорией относительности (13), выжают, таким образом, автоматически из конформного, т. е. квадратичого в $\Gamma,\,P$, характера лагранжиана L, и, следовательно, уравнений (Ia) ли (3); $\varepsilon' \varepsilon_0$ и $k \lambda^2$ (или $V \varepsilon' \varepsilon_0$ и $\delta \lambda$) становятся переменными величинами $arepsilon_0 = (c\mu\mu_0)^{-1} = arepsilon_1 = arepsilon_2^{-1}$ и $sk = k_1 = k_2^{-1}$. Эти нелинейности «второго рода» гражают взаимодействие различных полей, т. е. закон взаимности м. ниже (8), (9)), существование некоторых максимальных полей; они гличны от нелинейности «первого рода» тензора кривизны по отношению Γ_{kl}^i . «Максимальные поля» U (в отличие от теории Борна — Инфельда)

-iV являются переменными и определяемыми уравнениями (1а, b),

е. (3), аналогично переменной максимальной общерелятивистской сорости (скорости света) v_0 , $U^*=-iV^{**}=1$; L линеаризуется м. (3)) (Γ^* — лагранжиан Эйнштейна); (1a) становятся $L_i^{*k}-\frac{1}{2}$ $\Gamma^*\delta_i^k=0$ ли $L_i^{**k} - {}^1\!/{}_2 P^{**} \delta_i^k = 0$. По аналогии с (неконформной) теорией двойного ешения де-Бройля (8) непрерывные поля и поля с особенностями являгся решениями одних и тех же конформных уравнений.

5. Отношения компонент A являются элементами изоморфических диэдрических кубических (проективных) групп D_6 . Имеем группы

элементов $z_a(\varepsilon)$, $z_a(-\varepsilon)$, $z_a(\varepsilon^2)$, $z_a(s)$, $z_a(-s)$, $z_a(s^2)$ ($a=1,\ldots,6$). Вновь находится в случае произвольных распределений и движений материи группа D_6 , выявленная в других работах (15) независимо от нелинейной электродинамики в качестве базиса некоторой групповой алгеб-

ры C_6 .

6. В электростатическом сферическом случае $\rho = C \exp\left(\pm \omega/2\right) -$ радиус-вектор; $\rho_2^2 = \cos h \omega$; $\rho_1^2 = \sin h \omega$; $C = (e\sqrt{2}/C')^{1/2} -$ постоянная интегрирования. Имеем $P = 2P_1^1 = 2P_4^4$; $P_2^2 = P_3^3 = 0$; $\Gamma_2^2 = \Gamma_3^3 = U/2$; $\Gamma_1^1 = \Gamma_4^4 = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} U/2$; $S = \rho^4/C^4$; $S = \frac{1}{2} + \cot g h \omega > 0$. В метриках $\hat{g}_{ik} = \psi g_{ik}$, $g_{ik}^* = \hat{g}_{ik} \hat{U}$, $g_{ik}^{**} = -ig_{ik}\hat{V}$ имеем $\hat{\Gamma} = 2\left(\hat{\Gamma}_1^1 + \hat{\Gamma}_2^2\right) = \mp C'$, $\hat{\Gamma} = -2\left(\hat{\Gamma}_1^1 - \hat{\Gamma}_2^2\right) = \mp \hat{P}_1^2/C'$, $\hat{P}^2 = -C'^2/S = -2e^2/\rho^4$, $\hat{U} = \mp e\rho_1^2\sqrt{2}/\rho^2$, $\hat{V} = \mp i\rho_1^2C'$, $-iF^* = N^{**} = \rho_2^{-2}$, $-iP^* = \Gamma^{**} = \rho_1^{-2}$.

7. Пусть $ds = ds_1/f$, $ds = ids_1$, $ds = (dsds)^{1/2}$ — соответственно, кинематическая (координаты — время), динамическая (импульс — энергия), зарядная (3-ток — заряд) метрики (все метрики — «мировые»), а $dS = i dS_1/f$, $d\overline{S} = d\overline{S_1}$, $d\overline{S} = (dSd\overline{S})^{1/2}$ — соответствующие «собственные» метрики $(f \equiv f, p \equiv p, F \equiv F, P \equiv P)$. Пусть полная метрика $d\tau^2 = d\overline{s_1}^2 + ds_1^2 + 2g_1 d\overline{s_1}^1 ds_1 = (d\overline{S_1}^2 + dS_1^2 + 2G_1 d\overline{S_1} dS_1) = -dT^2$ или $d\tau'^2 = d\tau^2 + dT^2 = 0$. В случае $g_1 = G_1 = 0$ $d\tau^2$ «кинематического» рода (C), «динамического» рода (D) или «изобарна» (при $d\tau^2 < 0$, $d\tau^2 > 0$, $d\tau^2 = 0$). В случаях $d\tau^2 < 0$ (too), соответственно $d\tau^2 > 0$, существует координатная система, в которой

(C)
$$d\bar{S} = 0$$
, $ds_1/p^* = d\bar{s}_1/iP^* = dS_1$ ($ds = \epsilon dS$, $d\bar{s} = Fds = PdS$) (7)

(D)
$$ds = 0$$
, $d\overline{S}_1/p_* = dS_1/iP^* = d\overline{S}_1$ ($d\overline{S} = \varepsilon d\overline{S}$, $dS = F d\overline{S}/f^2 = P d\overline{S}/f^2$) (8)

Метрика $d\tau'^2$ эквивалентна (5); при перестановке «мировых» и «собственных», кинематических и динамических величин переставляются (7) и (8).

9. В более общем случае пусть $\overset{\beta^{\alpha}}{V_4}$ — многообразие с метрикой $\overset{\beta^{\alpha}}{ds_1}$ (β , $\alpha=0,2,4$); пусть $\overset{\beta^{\alpha}}{ds_1}=\overset{\beta^{\alpha}}{ds'}f^{(\alpha+\beta-4)/4}$ (случай (C)) или $\overset{\beta^{\alpha}}{ds_1}=\overset{\beta^{\alpha}}{ds'}f^{-(\alpha+\beta)/4}$

тучай (D)). При β , $\alpha=00$, 04, 40, 44 ds_1 отождествляется, соответствен, с $d\overline{S}_1$, ds_1 , $d\overline{s}_1$, ds_1 , ds_1 , ds_1 , ds_1 , ds_1 , ds_2 , ds_3 , ds_4 , нтические, зарядовые, динамические и электрические («мировые»), гравиционные («смешанные»), магнитные («собственные») многообразия. В 44 42 40 44 42 40 44 42 44 44 45 44 45 $^{$ учае (C) (см. (7)) ds', ds', ds' н ds', ds', ds' вытекают из ds = ds'**ж** умножении конформными факторами 1, $F^{1/2}$, $F = -F \omega$ и 1, $g^{1/2}$, $g = f \mu$ соэтветствии с (6a), (6b). В случае (D) (см. (8)) переставляются индексы и 4, следовательно, ds' = ds и $ds' = d\overline{S}$. В случае (C):

$$ds'/ds' = ds'/ds' (= 1/F); (9a) ds'/ds' = ds'/ds' (= 1/q).$$
(9b)

 $\overset{\beta_4}{T}\overset{\beta_0}{T} = \overset{\beta_2}{(T)^2}, \quad \overset{4\alpha}{T}\overset{0\alpha}{T} = \overset{2\alpha}{(T)^2}$ Для любого относительного тензора имеем F=F=q=q=i), при этом T (например, g_{ik}) зависят от $p \gtrsim 4$ переенных. Конформные соотношения (9a), (9b) и ds ds = dS dS (см. (7) и (8)) бобщают (ба), (бb) и соотношения неточности; они отражают в известном мысле неточность величин поля (см. работы Н. Н. Боголюбова и сотр. ;4), М. А. Маркова (14), М. Борна, Ж. Райского (18), Юкавы и др.). 10. Изложенная выше конформная теория обобщает закон взаимности , 6, 15-17, 19), ведущий к ковариантности физических законов (см. (1a), (1b), au'^2) по отношению к переменным многообразий V_4 , следовательно, по отнолению к парам: І — пространственно-временные; І' — мировые, собственные; — кинематические, динамические, II' — «мировые» (электрические), «собстенные» (магнитные) переменные. Каждая пара соответствует канонически соряженным величинам; соответствующие смешанные произведения, следоваельно, элементы типа $dx^{\gamma}dt$ (пространственно-временные); dtds (мировой собтвенный элемент), ds ds (заряд), ds dS («гравитационный» элемент) соответстуют «самосопряженным» величинам. II разлагается по отношению к I, I', II'. ζ онформный фактор $\delta s^{\prime\prime_2} = \delta w^{-1/2}$ связывает, следовательно, переменные Π заряды, а конформный фактор $(c \approx 0)^{1/2} = (c \mu \mu_0)^{-1/2}$ — переменные II' и смепанные (гравитационные) переменные. Изложенная теория может быть аспространена на случай комплексных лагранжианов (22), несимметричных g_{ib} (7,11), мезонных и спинорных полей (2,10,12,21).

Бухарест Румынская Народная Республика

Поступило 16 II 1956

цитированная литература

1 В. Амбарцумян, Д. Иваненко, Zs. f. Phys., 64, 563 (1936). Д.Блохинцев, Усп. физ. наук, 42,76 (1950). В Н. Н. Боголюбов, В. Ч. Бонч-Бруевич, Б. В. Медведев, ДАН, 74, 681 (1950). В И. Бонч-Бру-вич, Б. В. Медведев, ЖЭТФ, 22, 4 (1952). М. Вогп, Proc. Roy. Soc. Edinb., 9, 219 (1939). В М. Вогп, К. Fuchs, Proc. Roy. Soc. Edinb., 60, 141, 147 (1940). М. Вогп, Ann. Inst. Poincaré, 7, 155 (1937). L. de Broglie, J. de Phys., 27, 25 (1927). В А. Фок, Zs. f. Phys., 57, 261 (1929). В Ноff mann, Phys. ev., 72, 458 (1947); 73, 30 (1947). L. Infeld, Proc. Cambr. Phil. Soc., 32, 127 (1936); 33, 70 (1937). Д. Иваненко, А. Бродский, ДАН, 84, 4 (1951). С. Ludwig, Fortschritte der projektiven Relativitätstheorie, Braunschweig, 1951. М. А. Марков, ДАН, 75, № 5 (1950). Б А. Ророvici, Bul. Polytehn. lassi, 3, 543 (1948). В А. Ророvici, Rev. Univ. C. I. Parhon și Politehn, București, 3, 543 (1948). В А. Ророvici, Bul. Sect. I. Acad. RPR, 6, 1, 65 (1954). В Л. Reyki, Acta Phys. Pol., 10, 1—2 (1950). В И. Райский, ЖЭТФ, 22. в 2, 194 (1950). В К. Reichenbächer, Zs. f. Phys., 45, 663 (1929). В Л. Rev. Mod. hys., 21 (1949). В Райский, ЖЭТФ, 22. в 2, 194 (1950).

ФИЗИКА

Б. Я. СВЕШНИКОВ

К ТЕОРИИ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ТУШЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ РАСТВОРОВ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 21 VI 1956)

Хорошо известно, что в большинстве случаев концентрационного тушения флуоресценции растворов выход флоуресценции уменьшается быстрее, чем длительность свечения. Существует ряд гипотез, пытающихся объяснить это явление. В настоящей статье дано критическое рассмотрение гипотезы Фёрстера ($^{\rm I}$) — М. Д. Галанина ($^{\rm 2}$), согласно которой указанное расхожение вызывается отступлениями закона затухания флуоресценции концентрированных растворов от экспоненциального.

Воспроизведем кратко рассуждения Фёрстера. В согласии с другими, ранее выдвинутыми теориями концентрационного тушения Фёрстер считает, что частота перехода энергии от возбужденной молекулы к невозбужденным не зависит от времени взаимодействия и изменяется обратно пропорционально 6-й степени расстояния между взаимодействующими молеку-

лами, т. е.

$$f(R,t) = f(R) = \frac{1}{\tau_0} \left(\frac{R_0}{R}\right)^6,$$
 (1)

где τ_0 — среднее время пребывания молекулы в возбужденном состоянии при отсутствии тушения; R — расстояние между молекулами; R_0 — расстояние, для которого частота передачи равна $1/\tau_0$.

Тогда для изменения со временем вероятности возбуждения $\rho(t)$ какой-

либо возбужденной молекулы Фёрстер получает выражение

$$-\frac{d\rho(t)}{dt} = \left\{ \frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{\tau_0} \sum_{k=1}^{N} \left(\frac{R_0}{R_k} \right)^6 \right\} \rho(t), \tag{2}$$

где N — число невозбужденных молекул в конечном объеме раствора v; R_k — расстояние, на котором невозбужденная молекула с номером k находится от возбужденной.

Интегрируя (2) по времени при начальном условии $\rho(0) = 1$, имеем

$$\rho(t) = \exp\left\{-\left[1 + \sum_{k=1}^{N} \left(\frac{R_0}{R_k}\right)^6\right] \frac{t}{\tau_0}\right\} = \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] \prod_{k=1}^{N} \exp\left[-\left(\frac{R_0}{R_k}\right)^6 \frac{t}{\tau_0}\right]. \quad (3)$$

Таким образом, закон затухания возбуждения для одной молекулы является экспоненциальным.

Однако в действительности, как указывает Фёрстер, следует рассматривать затухание совокупности молекул со статистическим распределением расстояний R_h . Эту величину $\overline{\rho(t)}$ Фёрстер находит следующим образом:

$$\overline{\rho(t)} = \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] \prod_{k=1}^{N} \int_{0}^{R_g} \exp\left[-\left(\frac{R_0}{R_k}\right)^6 \frac{t}{\tau_0}\right] w(R_k) dR_k = \\
= \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] [J(t)]^N,$$
(4)

3

$$J(t) = \int_{0}^{R_g} \exp\left[-\left(\frac{R_0}{R}\right)^6 \frac{t}{\tau_0}\right] w(R) dR, \quad v = \frac{4}{3} \pi R_g^3.$$
 (5)

Вид функции w(R), дающей распределение тушащих молекул, долен зависеть от сил, действующих между молекулами, но, поскольку и неизвестны, Фёрстер принимает равномерное распределение молеть:

$$w(R) dR = \frac{4\pi R^2 dR}{v}.$$
 (6)

огда

$$J(t) = \frac{1}{2} \sqrt{\zeta_g} \int_{\zeta_g}^{\infty} e^{-\zeta} \frac{d\zeta}{\sqrt{\zeta^3}} = 1 - \sqrt{\pi \zeta_g} - 3\zeta_g, \tag{7}$$

$$\zeta = \left(\frac{R_0}{R}\right)^6 \frac{t}{\tau_0} , \quad \zeta_g = \left(\frac{R_0}{R_g}\right)^6 \frac{t}{\tau_0} . \tag{8}$$

Так как R_0 очень мало по сравнению с макроскопическим радиусом $\zeta_g \ll 1$. Поэтому мы можем в (7) пренебречь высшими степенями и из (4) и (7) имеем

$$\overline{\rho(t)} = \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] (1 - \sqrt{\pi \zeta_g})^{N_*} \tag{9}$$

При N достаточно большом получаем

$$\overline{\rho(t)} = \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] \lim\left(1 - \frac{1}{N}N\sqrt{\pi\zeta_g}\right)^N = \exp\left[-\frac{t}{\tau_0} - N\sqrt{\pi\zeta_g}\right]. \quad (10)$$

Заменяя ζ_g его значением по (8), находим:

$$\overline{\rho(t)} = \exp\left[-\frac{t}{\tau_0} - 2q \sqrt{\frac{t}{\tau_0}}\right], \quad \text{где} \quad q = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{NR_0^3}{R_g^3}. \tag{11}$$

Таким образом, по Фёрстеру закон затухания флоуресценции для ансамия возбужденных молекул не является экспоненциальным.

Зная закон изменения числа возбужденных молекул со временем, можно вйти изменение выхода и средней длительности флуоресценции при конентрационном тушении. Получаются довольно сложные формулы*, из оторых отчетливо видно, что изменения длительности происходят значивльно медленнее, чем изменения выхода.

Нетрудно указать ошибку в рассуждениях Фёрстера. При составлении ормулы (2) Фёрстер принимает какое-то определенное распределение *N* ишащих молекул, находящихся в объеме v вокруг данной возбужденной олекулы, и при этом предположении он получает закон убывания энергии озбуждения для одной молекулы (3). Далее он полагает, что переход от к (4) дает ему усреднение процесса затухания по всем молекулам. Но невидно, что эта операция должна быть записана иначе:

$$\overline{\rho(t)} = \frac{1}{n_0} \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] \sum_{i=1}^{n_0} \prod_{k=1}^{N} \exp\left[-\left(\frac{R_0}{R_{ki}}\right)^6 \frac{t}{\tau_0}\right], \tag{12}$$

е индекс i указывает, что данное распределение тушащих молекул отосится к i-й возбужденной молекуле.

79

^{*} См. статьи Фёрстера (1) и М. Д. Галанина (2). Необходимо отметить, что в формуле для хода флуоресценции, полученный Фёрстером, для пределов табличного интеграла $^{-x^2}$ dx, ошибочно указаны значения q и ∞ , следует 0 и q.

Ошибочно проведена также замена какого-то определенного распределения тушащих молекул вокруг возбужденной молекулы вероятным. Очевидно, что функцию распределения w_i (R) следовало бы ввести уже при составлении (2), т. е. написать вместо (2):

$$-\frac{d\rho_{I}(t)}{dt} = \left\{\frac{1}{\tau_{0}} + \frac{c}{\tau_{0}} \int_{0}^{\infty} \left(\frac{R_{0}}{R}\right)^{6} w_{I}(R) dR\right\} \rho_{I}(t), \tag{13}$$

где с — концентрация тушащих молекул.

Рассмотрим теперь вывод формулы (11), предложенный М. Д. Галани-

ным*. Мы воспроизводим его почти полностью.

Если обозначить через n(t) концентрацию возбужденных молекул M_1^* в зависимости от времени; n(r, t) — концентрацию возбужденных молекул, находящихся на расстоянии r от тушащих молекул M_2 ; N(r, t) — концентрацию молекул M_2 , находящихся на расстоянии r от ${M_1}^*$; f(r) — вероятность переноса в единицу времени** от M_1^* к M_2^{***} при расстоянии $r; N_0$ концентрацию M_2 ; $1/\tau_0$ — вероятность излучения, то

$$-\frac{dn(t)}{dt} = \left\{\frac{1}{\tau_0} + \int_0^\infty N(r, t) f(r) dv\right\} n(t). \tag{14}$$

Если в начальный момент времени молекулы M_1 и M_2 распределены статистически относительно друг друга, то для $\overline{n}(r, t)$ можно написать уравнение, учитывающее убыль числа пар M_1 и M_2 , находящихся на заданном расстоянии r:

$$-\frac{dn\left(r,t\right)}{dt} = \left\{\frac{1}{\tau_0} + \int_0^\infty N\left(r,t\right)f\left(r\right)dv + f\left(r\right)\right\}n\left(r,t\right). \tag{15}$$

Принимая во внимание, что

$$n(t)N(r,t) = Nn(r,t), \tag{16}$$

из (14) и (15) получаем

$$n(t) = n_0 \exp\left\{-\frac{t}{\tau_0} - N \int_0^\infty (1 - \exp\left[-f(r)t\right]) dv\right\},$$
 (17)

где f(r) определено по (1) и N_0 — концентрация тушащих молекул M_2 . Прежде всего отметим, что легко показать, что полученное М. Д. Галаниным решение

$$N(r, t) = N_0 \exp[-f(r)t]$$
 (18)

не соответствует поставленной им задаче. В самом деле, из того факта, что в первую очередь будут потушены те возбужденные молекулы, на очень близком расстоянии от которых в силу флуктуаций в распределении молекул существует высокая концентрация тушащих молекул, следует, что оставшиеся непотушенными возбужденные молекулы будут иметь низкую концентрачию тушителя на близких расстояниях от возбужденной молекулы и на более далеких расстояниях повышенную по сравнению со средней. В формуле (18) последнее обстоятельство не учитывается, и N ни при каких r и t не может быть больше N_0 .

растворов. ** У Галанина эта вероятность обозначается через w (r). Мы заменили обозначение во

 *** В случае концентрационного тушения флуоресценции M_1 и M_2 — одни и те же моле-

^{*} Следует отметить, что Галанин, как и Фёрстер, рассматривает случай очень вязких

Из сказанного сразу видно, что утверждение М. Д. Галанина, что n(r,t)меняется быстрее чем n(t), в общем случае несправедливо. Между тем, это верждение служит ему некоторым обоснованием в пользу введения в (14)

бавочной вероятности f(r)n(r,t)dt *.

Несостоятельность расчетов указанных авторов, разумеется, не ознает несостоятельности их основного предположения — что благодаря туктуациям в распределении молекул закон затухания флуоресценции онцентрированных растворов может отличаться от экспоненциального. то же время сказанное выше показывает, что теоретическое решение этой дачи очень трудно. Поэтому было бы очень желательно с помощью флуометрических измерений, которые достигли в настоящее время значительи точности, оценить верхний предел возможных отклонений закона захания флуоресценции концентрированных растворов от экспоненциальpro.

> Поступило 8 V 1956

цитированная литература

¹ Th. Förster, Zs. Naturforsch., 4a, 321 (1949). ² М. Д. Галанин, ЖЭТФ, 485 (1955). ³ В. В. Антонов-Романовский, ДАН, 2, 93 (1936).

^{*} Введение этого члена, заимствованного автором из формулы «обеднения» В. В. Антова-Романовского (3), вообще непонятно. К сожалению, и в работах В. В. Антонова-Романового не имеется развернутого доказательства полученной им формулы «обеднения».

п. в. сорокин и А. я. таранов

поляризация протонов, упруго рассеянных ядрами С12

(Представлено академиком А. П. Александровым 16 VI 1956)

Упругое рассеяние протонов ядрами C^{12} было исследовано в работах $(^1,^2)$. Используя приведенные в работе $(^2)$ результаты фазового анализа, И. Т. Дятлов и Л. Н. Розенцвейг $(^3)$ показали, что рассеянные протоны частично поляризованы, и вычислили кривые, дающие зависимость поляризации P от энергии протонов для некоторых углов рассеяния. Настоящее сообщение посвящено экспериментальной проверке этих результатов;

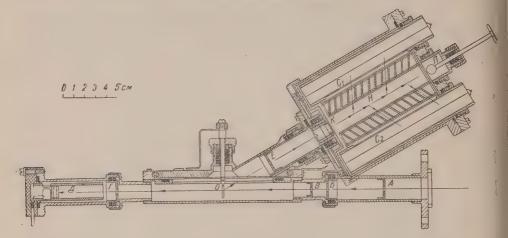


Рис. 1

тем самым проверке подвергается также правильность фазового анализа (²), основанного на обобщенной дисперсионной формуле Вигнера — Айзен-

бада (4).

Для измерения степени поляризации P использовался прибор, схематически изображенный на рис. 1. Протоны, ускоренные электростатическим генератором, пройдя систему коллимирующих отверстий A, B и B (6, 7 и 6 мм), попадали на твердую углеродную мишень O. Ток первичного пучка измерялся фарадеевым цилиндром $\mathcal I$ и интегратором тока, все измерения относились к определенному числу отсчетов интегратора. Рассеянные протоны через отверстие K (5 мм), заклеенное капроновой пленкой (0,8 мг/см²), попадали в анализатор, наполненный гелием при 40 см рт. ст. Протоны, рассеянные на He^4 , через окна 7 μ A1 могли попадать в пропорциональные счетчики C_1 и C_2 .

Размеры окон счетчиков 3×80 мм², длина рассеивающего объема анализатора и коллимационная система H выбирались такими, что в счетчики могли попасть протоны, рассеянные столбиком гелия высотой 8 см в ин-

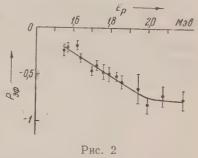
рвал углов 55—105° в с. ц. м. Значительная толщина слоя рассеивающего за и большой телесный угол счетчиков, несколько снижая эффективное ачение поляризации гелиевого анализатора, делают анализатор довольно

етосильным прибором, способным обнаживать поляризацию протонных пучков тенсивностью в 10^4 протонов/сек.

При рассеянии частиц со спином ¹/₂ црами с нулевым спином азимутальная имметрия дается формулой

$$\sigma(\Theta, \varphi) = \sigma_0(\Theta)[1 + PP_{\Rightarrow \varphi} \cos \varphi], \quad (1)$$

(е P — поляризация протонов, упруго иссеянных ядрами C^{12} ; $P_{9\varphi}$ — эффективное начение поляризации протонов, рассеяных в гелиевом анализаторе; φ — угол



ежду нормалями к плоскостям первого и второго рассеяния. Отношене интенсивностей при $\phi=0^\circ$ и $\phi=180^\circ$ равно

$$R = \frac{1 - PP_{9\phi}}{1 + PP_{9\phi}}. (2)$$

оотношение (2) дает возможность определить P, если известно $P_{\ni \Phi}$.

Для устранения асимметрии, связанной с различием в эффективности зух детекторов, счетчики в течение всего опыта менялись местами (анаизатор поворачивался вокруг своей оси на подвижном вакуумном уплот-

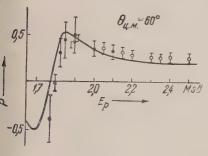


Рис. 3

нении). В качестве величины асимметрии R принималось среднее геометрическое для двух положений счетчиков. Правильность юстировки прибора проверялась тем, что изменения при $\phi=90^\circ$ и $\phi=270^\circ$ давали значение асимметрии R=1 в пределах статистической ошибки.

Вследствие плохой геометрии анализатора вычисление $P_{\text{эф}}$ было бы связано с громоздкими расчетами. Поэтому мы определяли $P_{\text{эф}}$ из опыта по двойному рассеянию протонов на He^4 . Объем камеры, где происходило первое рассеяние,

гделялся от вакуумной системы электростатического генератора слюнной фольгой толщиной 7μ , покрытой полупрозрачным слоем аквадага. амера наполнялась $\mathrm{He^4}$ при 40 см рт. ст. B этом опыте было пределено произведение $P_{\mathrm{He}}P_{\mathrm{эф}}$, где P_{He} — поляризация протонов при ервом рассеянии, которое характеризуется хорошей геометрией (телесный сол $1.5\cdot 10^{-3}$ стерад.). P_{He} мы вычислили, пользуясь значениями фаз (5). олученное таким образом значение $P_{\mathrm{эф}}$ в зависимости от энергии, с котори протоны проходят к фольге анализатора, представлено на рис. 2. га кривая использовалась для определения степени поляризации ротонов, упруго рассеянных ядрами $\mathrm{C^{12}}$.

Полученные нами значения поляризации протонов, рассеянных ядрами г на угол 60° в с. ц. м., показаны на рис. 3. Точками представлены результы измерений для мишени толщиной 0,6 мг/см², кружками — для мишени мг/см². Сплошной линией представлена расчетная кривая, полученная

формуле

$$\overline{P}(E) = \int_{E}^{E - \Delta E} P(E) \, \sigma(E) \, \frac{dE}{F(E)} / \int_{E}^{E - \Delta E} \sigma(E) \, \frac{dE}{F(E)} \,, \tag{3}$$

где P(E) и $\sigma(E)$ даны на рис. 3. В работе (3) F(E) — тормозная способность углеродной мишени (мы считаем ее постоянной в интервале энергии ΔE).

Наблюдающееся согласие экспериментальных и расчетных данных подтверждает результаты фазового анализа (2) и приведенную в (2) схему энергетических уровней ядра N^{13} .

Пользуемся случаем выразить благодарность А. К. Вальтеру и Л. Н. Розенцвейгу за ценную дискуссию при подготовке эксперимента и обсуждении результатов и В. И. Манько за помощь в измерениях.

Физико-технический институт Академии наук УССР

Поступило 14 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ H. L. Jackson, A. I. Galonsky et al., Phys. Rev., 89, 365 (1953). ² H. L. Jackson, A. I. Galonsky, Phys. Rev., 89, 370 (1953). ³ И. Т. Дятлов, Л. Н. Розенцвейг, Тр. физ. отд. физ.-мат. фак. Харьковск. гос. унив. им. А. М. Горького, № 6, 81 (1955). ⁴ E. P. Wigner, L. Eisenbud, Phys. Rev., 72, 29 (1947). ⁵ C. L. Critchfield, D. C. Dodder, Phys. Rev., 76, 602 (1949).

ГЕОФИЗИКА

В. И. АРАБАДЖИ

ОБ ИЗМЕРЕНИИ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ГРОЗОВЫХ ОБЛАКАХ С ПОМОЩЬЮ РАДИОЗОНДА

Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 25 V 19

В течение лета 1955 г. автором была осуществлена работа по зондированию озовых облаков с помощью радиозонда, схема которого представлена рис. 1. Как видно из схемы, радиозонд построен на лампах 6Ж1П, 6Н15 МН-3. Лампа 6Ж1П является генератором частоты 85 Мгц. Генератор педставляет собой индуктивную трехточечную схему в аноде. Правая полочна лампы 6Н15 работает в импульсном режиме, благодаря большой пооянной времени в цепи сетки. Собственная частота генератора 4 Мгц,

стота импульсов 20 кгц. зменение частоты импульв осуществляется вследвие изменения переменого сопротивления 200 kΩ помощью контактируюего рычага барокоробки и спользуется для опредеэния высоты местонахожения радиозонда. Импульс, нимаемый с анодной наоузки генератора в $18 \, \mathrm{k}\Omega$, ерез разделительный коненсатор в 510 рГ поступана управляющую сетку енератора частоты 85 Мгц модулирует частоту геератора. Неоновая лампа Н-3 является релаксаци-

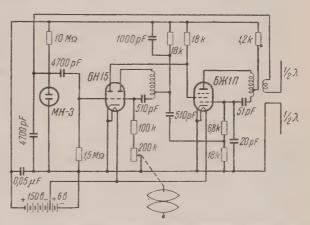


Рис. 1. Схема радиозонда для измерения электрического поля грозовых облаков

ным генератором пилообразных колебанийс частотой 100 гц. Частота реласации неоновой лампы определяется постоянной времени конденсатора 4700р F сопротивлением 10 $M\Omega$. Для уменьшения влияния импульсов частотой кгц на частоту релаксации неоновой лампы использовалась левая половина ойного триода 6H15. Напряжение релаксации через конденсатор 4700 рF поупает на управляющую сетку левого триода. Ток через сопротивление $\mathsf{k}\,\Omega$ питает анод левой половины лампы 6H15 и экранную сетку генератора Мгц. Изменение тока левой половины лампы 6Н15 модулирует напряжее на экранной сетке генератора 85 Мгц с частотой 100 гц. Таким образом, нератор частоты 85 Мгц промодулирован двумя частотами: 20 кгц и 100 гц. астота релаксации неоновой лампы МН-3 зависит от разности потенциалов ее электродах, которая в свою очередь изменяется под влиянием напряения, поступающего на электроды неоновой лампы с коллектора. Частота лаксации неоновой лампы МН-3 возрастает, если ток с коллектора совпает по знаку с током в цепи сопротивления $10~\mathrm{M}\Omega$, в противоположном учае она уменьшается. Изменение частоты в обе стороны происходит лийно. В качестве коллектора использовалась ориентированная вертикально медная проволока длиной 2,6 м и диаметром 0,8 мм с заострениями на концах для обдегчения коронного разряда. В среднюю часть коллектора включено указанное выше сопротивление $10~\text{M}\Omega$. Падение напряжения на этом сопротивлении зависит от электрического поля грозовых облаков и влияет на частоту релаксации неоновой лампы. Это и используется для измерения напряженности электрического поля. Для того, чтобы иметь возможность измерить не только положительный, но и отрицательный потенциал, питающее неоновую лампу напряжение было взято равным

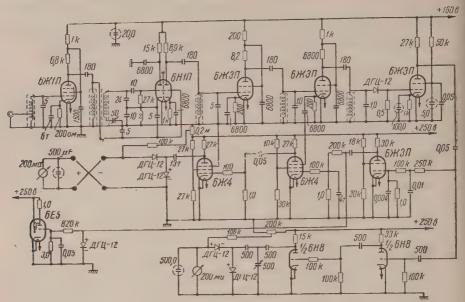


Рис. 2. Схема приемника сигналов радиозонда

150 в (потенциал зажигания лампы ≈100 вольт). Ток в коллекторе в наших измерениях не превышал 4 μ а (радиозонд построен с расчетом на измерение полей грозовых облаков, примерная величина которых известна из работ Симпсона (³). Антенна, одновременно играющая роль коллектора, связана с контуром генератора индуктивно. Функции коллектора антенна выполняет благодаря конденсатору 4700 рF, который имеет ничтожное сопротивление для высоких частот.

Регистрация сигналов радиозонда осуществлялась специальным ультракоротковолновым приемником (пятиламповым супергетеродином) с выходом на два частотомера (рис. 2). Разделение модулированных сигналов радиозонда на два канала происходит в последнем каскаде приемника. Усилитель высокой частоты приемника собран на лампе 6Ж1П. Вход усилителя выполнен в виде контура с резонансной частотой 85 Мгц. Согласование антенного фидера, имеющего волновое сопротивление $75\,\Omega$, с выходным сопротивлением приемника обеспечивается точкой отвода от индуктивности входного контура и подключением фидера в эту точку. Анодная цепь усилителя высокой частоты содержит резонансный контур, откуда сигнал поступает на сетку смесителя. Гетеродин осуществлен на левой половине триода 6Н1П и представляет собой генератор, собранный по трехточечной схеме с емкостной обратной связью и заземленным по высокой частоте анодом. Подстройка частоты гетеродина в пределах ± 3 Мгц производится переменным конденсатором в 50 pF. В качестве смесителя используется правая половина лампы 6Н1П. На управляющую сетку этой лампы подается напряжение сигнала с выхода усилителя высокой частоты и через конденсатор связи 5 р Г — напряжение сигнала гетеродина. Напряжение промежуточной частоты выделяется резонансным контуром в анодной цепи смесителя. илитель промежуточной частоты собран на двух лампах 6Ж3П. В аноде цепи этих ламп включены резонансные контуры, несколько расстроенно отношению к средней промежуточной частоте 30 Мгц для получения Боразной характеристики всего приемника. Полоса пропускания приемка с учетом промежуточной частоты приблизительно равна 2 Мгц. Детекование сигналов радиозонда производится кристаллическим германиым диодом типа ДГЦ-12. Нагрузкой диода служит сопротивление 0,5 М Ω. илителем детектированных сигналов служит лампа 6Ж3П, нагруженная $^{\prime\prime}$ сопротивление в 27 k Ω . Частоты модуляции 100 гц и 20 кгц, снимаемые инода усилителя детектированных сигналов, через разделительный конисатор 0,05 μF поступают на входы двух электронных частотомеров цикаторов напряженности электрического поля грозовых облаков и высоты стонахождения зонда. На входе первой лампы 6ЖЗП частотомера индигора поля имеется фильтр RC для ослабления частоты 20 кгц. Первый скад этого частотомера представляет анодносеточный ограничитель итуды. Переходная цепь с первого ограничителя амплитуды на второй кже представляет собой фильтр RC. Второй каскад, построенный на лампе К4, также представляет собой ограничитель сеточного и анодного тока. ретий каскад частотомера идентичен второму. Три каскада ограничителя обходимы для получения импульса постоянной формы и амплитуды, незасимо от частоты приходящего сигнала. Частотомер в принципе представтет собой двухполупериодный выпрямитель, с помощью которого измеется ток через конденсатор в 13000 р Г. Выпрямленное напряжение измеряеой частоты отмечается стрелочным гальванометром (индикатором поля) шкалой на 200 ра. Для установки индикатора поля на нуль на гальваометр через потенциометр $0.2~\mathrm{M}\Omega$ и сопротивление $100~\mathrm{k}\Omega$ подается постоное напряжение, обратное выпрямленному. Расширение шкалы индикара поля в обе стороны от нуля осуществляется с помощью переключателя. величение постоянной времени подвижной системы гальванометра просходит благодаря подключению параллельно микроамперметру кондентора в 500 µF, что полностью ликвидирует одиночные помехи. Сигнал частотой 20 кгц с разделительного кондексатора в 0.05 µF через ячейку С с малой постоянной времени поступает на сетку первого ограничителя мплитуды частотомера индикатора высоты. Малая постоянная времени ыбрана для подавления частоты 100 гц и пропускания частоты 20 кгц. Қакад выполнен на правой половине лампы 6Н8. С анода первого ограничиеля через конденсатор 500 р Гусиленный и ограниченный сигнал поступает а сетку левой половины лампы 6Н8, в цепь сетки которой включено соротивление 100 kΩ для сеточного ограничения сигнала. С анода левой поовины лампы 6Н8 сигнал постоянной амплитуды и формы поступает на мкостный делитель из конденсатора постоянной емкости в 500 р Ги конденатора переменной емкости с емкостью также примерно в 500 рF. Переменый конденсатор здесь берется для установки нуля индикатора высоты. Выпрямленное германиевым диодом ДГЦ-12 напряжение попадает затем на трелочный гальванометр индикатора высоты со шкалой на 200 µа, который ля защиты от одиночных помех зашунтирован емкостью в 500 μ. Для астягивания шкалы частотомера на гальванометр подается постоянное апряжение, по знаку обратно выпрямленному. Индикатором наличия синала служит лампа 6Е5, включенная в анод первого ограничителя частоомера индикатора поля.

Таблица 1 15 17 10 21 23 25 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7

Градуировка радиозонда по полю производилась в искусственном поле, оздаваемом с помощью электростатической машины между двумя листами келеза размером $80\!\times\!180\,$ см² каждый. В табл. 1 приведены результаты такой градуировки при расстоянии между заостренными концами коллектора

13 0,1 185 см и расстоянии между листами железа 2 м. В первой строке этой таблицы указана разность потенциалов между листами железа, во второй —

ток зонда.

Кроме того градиуровка радиозонда по полю осуществлялась также подключением коллектора радиозонда к наперед заданной разности потенциалов с одновременной фиксацией показаний индикатра поля радиоприемника. Определение напряженности электрического поля с учетом высоты подъема зонда по току в коллекторе производилось по формулам, приведенным у Белина (1) и Симпсона и Скрейза (3). Градуировка по давлению осу-

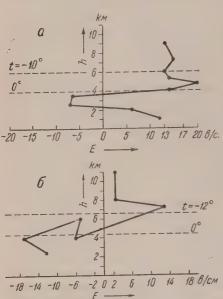


Рис. 3. а — Результат зондирования фронтальной грозы над Минском 9 VII 1955 г. В момент выпуска (18 ч. 13 мин. по местному времени) давление и температура у земли были: 742 мм рт. ст. и 25°. 6 – Результат зондирования малоподвижной грозы над Минском 2 VIII 1955 г. В момент выпуска (17 ч. 05 мин. по местному времени) давление и температура у земли были: 736 мм рт. ст. и 26°. Высота нижней кромки облаков была в обоих случаях около 2 км. На осях абсцисс отложена напряженность электрического поля в в/см, на осях ординат — высота в километрах. Масштаб: на оси абсцисс 1 дел. = 10 в/см, на оси ординат 1 дел. = 1 км

ществлялась в обычной барокамере для радиозондов с одновременной фиксацией на радиоприемнике показаний индикатора высоты. Лабораторными испытаниями установлено, что влияние температуры на показания зонда незначительно, так как в полете зонд находится в плотно закрытой коробке (средняя длительность полета, при которой обеспечивался надежный прием сигнала, составляла 20—25 мин.).

Расчет величины напряженности поля по показаниям индикатора поля производился после введения поправки на усадку батарей, определенную в результате предварительных лабо-

раторных испытаний.

Верхняя часть коллектора с помощью пропарафиненного шнура длиной 5 м подвязывалась к оболочке радиозонда, к нижней части коллектора подвешивался небольшой грузик 0,2 кг для придания нижней части коллектора вертикальной ориентации. Подъем зондов осуществлялся при помощи оболочек № 100 и № 150 с подъемной силой 2,7—2,9 кг. Вес каждого зонда с коллектором и добавочным грузиком на нижнем конце коллектора составлял 1,4 кг.

Результаты зондирования грозовых облаков приведены на рис. 3. Данные о температуре воздуха на высотах, нанесенные на рис. 3, получены расчетом. Для большей надежности этиданные сопоставлялись с результатамиз

радиозондирования атмосферы за ближайший срок. Из графиков рис. 3. видно, что область между изотермами $0^{\circ}-10^{\circ}$ является областью разделения в облаке зарядов противоположных знаков. Наибольшая зафиксированная нами напряженность электрического поля составляла 200 в/см.

В заключение выражаю искреннюю признательность И. М. Каплану, оказавшему мне большую помощь в конструкторской части работы.

Поступило 26 IX 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. Belin, Proc. Phys. Soc., **60**, № 340 (1948). ² S. Chapman, Fin. Rep. Stanf. Univ. Dept. of Phys, 1949. ³ G. Simpson, F. Scrase, Proc. Roy. Soc. (London), A **161**, 309 (1937).

БИОФИЗИКА

т. м. кондратьева

РАННИЕ ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОСТНОМ МОЗГУ (ИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРОНИКАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 30 V 1956)

Несмотря на обширную литературу по ранним лучевым изменениям в ветворных органах, исследователи не дают однозначного ответа на вопрос роке появления и характере первых изменений в кроветворных органах ле облучения. Блум (1) описывает появление клеточных осколков в коом мозгу кроликов через 3 часа после рентгеновского облучения в e 800 г. Бэрроу и Туллис (2) наблюдали у белых мышей через 3 часа после учения поражение лишь клеток эритропоэтического ряда, а изменения иэлобластическом ряду через 12 час. (доза 1000 г). Розен с соавторами (3) нвили изменения в костном мозгу в течение первых суток, а некоторые оры впервые обнаружили их через одни и даже двое суток. Н. Ф. Барана (4) не наблюдала в костном мозгу белых мышей сразу после облучения озе 700 г и даже 1000 г на обычных гистологических препаратах никаких понений от нормы. Первые незначительные изменения отмечались ею оез 1 час и лишь через 4 часа они становились более резко выраженными. и различия в данных зависят в значительной степени от примененных мецов исследования.

В связи с этим для обнаружения в клетках наиболее ранних и тонких менений необходимы поиски новых, более совершенных методов исслевания. В этом направлении представляет большой интерес появившаяся последнее время работа М. Н. Мейселя и В. А. Сондак (5), в которой авоы методом люминесцентной микроскопии обнаружили специфические менения, происходящие в костном мозгу в первые часы после воздействия

нтгеновскими лучами.

Целью настоящего исследования являлось изучение преимущественно нних изменений, наступающих в клетках костного мозга под влиянием нтгеновских лучей. Работа проводилась методом люминесцентной миоскопии. Этот метод позволяет наблюдать ранние изменения в живых етках, неулавливаемые обычными методами. Основное внимание нами ло обращено на те изменения, которые происходят в костном мозгу сразу сле облучения и в первые часы и сутки.

Крысы и кролики подвергались общему рентгеновскому облучению

дозах от 300 до 900 г.

Тотчас же и в различные сроки после облучения (до 21 суток) костный зг извлекался из большеберцовой кости и немедленно помещался в риноовский раствор с флуорохромом (акридиновый оранжевый с добавлеем основного фуксина). Исследование при помощи люминесцентной уставки можно было начинать через несколько минут после этой обработки. оминесцентно-микроскопические данные сопоставлялись с данными, полунными обычными цитологическими и гематологическими методами.

Флуорохром акридиновый оранжевый, связываясь с ядерными и протоазматическими белками, а также дезоксирибонуклеопротеидом, придает ру и цитоплазме способность светиться зеленым цветом различной иннсивности и оттенков. Рибонуклеиновая кислота в цитоплазме, соединяясь с этим же флуорохромом, люминесцирует ярко-красным цветом. Это показано в работах М. Н. Мейселя, Т. М. Кондрать вой и Г. А. Помощниковой (6,7).

Различия в свечении РНК и ДНК подтверждено Мейселем и Корчагиным на модельных опытах с нуклеопротеидами и нуклеиновыми кисло-

тами (8).

В живых неповрежденных клетках костного мозга необлученных животных ядерная оболочка, ядрышки и ядерная зернистость светятся яркозеленым цветом с различной интенсивностью, выделяясь на фоне более тускло светящейся кариолимфы. Цитоплазма люминесцирует темно-зеленым и в ней отчетливо видны включения ярко-красного цвета. Разные клеточные формы костного мозга хорошо различимы.

Сразу же после облучения в дозах $600 \, \mathrm{r} - 900 \, \mathrm{r}$ (практически через $10-15 \, \mathrm{muh}$.) изменения уже можно наблюдать у значительной части клеток и примерно у одной пятой части всех клеток после дозы $300 \, \mathrm{r}$. Через ! час эти изменения усиливаются и видны у подавляющего большинства клеток,

Клеточные изменения начинаются с того, что ядерные структуры становятся более грубыми; они продолжают светиться зеленым, иногда с белесовато-зеленым оттенком. Затем грубо структурированное ядерное вещество концентрируется около ядерной оболочки, вызывая этим ее резкое и неравномерное утолщение. Свечение в центральной части ядра постепенно тускнеет. В конечной стадии утолщенная оболочка ядра разрывается и распадается на части. Однако чаще, особенно при действии больших доз, распад ядра происходит значительно раньше, при этом ядерное вещество конденсируется в грубые гомогенные скопления разных размеров, которые продолжают люминесцировать ярко-зеленым и свободно лежат в клетке. Они сохраняют свою форму и свечение в течение некоторого времени после распада клетки. Это и есть клеточные «осколки», «обломки», описанные многими авторами.

Такие изменения (начинающиеся с огрубения ядерных структур) наблюдаются сразу же после окончания облучения даже при относительно небольших дозах. Их можно отнести к наиболее ранним проявлениям клеточных повреждений. Своего максимума они достигают через 3—4 часа

после облучения.

Ядерные изменения, появляющиеся в более поздние сроки (в середине первых суток и сохраняющиеся вплоть до 5 суток), имеют иной характер. В этом случае наблюдается гомогенизация ядерного вещества, без его расслоения и распада. Ядерные структуры постепенно становятся все менее и менее отчетливыми и в конце концов совершенно неразличимыми. Свечение зеленым постепенно тускиеет, затем ядро совсем перестает люминесцировать и представляется оптически пустым. Продолжает светиться ярко-зеленым только его оболочка и одно-два ядрышка, которые часто светятся розовым цветом. Эти изменения, повидимому, соответствуют лизису ядра и начинаются с деполимеризации ДРНК.

Описанные ядерные изменения сопровождаются также изменениями со стороны цитоплазмы. Последние выражены менее резко и заключаются в почти полном исчезновении гранул, светящихся красным. Наблюдаются они у всех клеточных форм, но преимущественно у молодых клеток миэло-

бластического ряда.

Кроме описанных картин деструкции можно наблюдать повреждения клетки совершенно иного характера. Они начинаются с изменений в цитоплазме, в которой накапливается, почти сплошь ее заполняя, огромное количество мелких гранул, люминесцирующих ярко-красным. Ядро становится плохо различимым, его контуры слабо просвечивают через сплошное красное свечение цитоплазмы. Оболочка ядра перестает люминесцировать зеленым и начинает светиться желтым, затем оранжевым и, наконец, красным. Ядрышки светятся также интенсивно красным. Этот цикл изменений заканчивается тем, что ядро перестает быть видимым, а клетки производят впечатление красных шаров.

Нарастание красной флуоресценции начинается в течение первых часов, гигает максимума к концу первых суток и сохраняется в течение 6 дней после окончания облучения. Этим изменениям подвергаются

клеточные формы, вплоть до зрелых лейкоцитов.

Необходимо отметить, что у кроликов клеточные изменения в костном гу характеризовались преимущественно нарушением рибонуклеинового пена, а у крыс были выражены наиболее резко картины распада ядерю вещества. Как нам удалось выяснить, описанные Мейселем и идак ярколюминесцирующие зеленым микронекротические очаги, пвляющиеся в костном мозгу в первые часы после облучения, состоят клеток, в которых происходит процесс расслоения и распада ядерного тества. Этим объясняется то, что феномен, обнаруженный Мейселем и накак, постоянно наблюдался нами у крыс и сравнительно редко встренися у кроликов.

Соответствие микронекрозов клеткам с распадом ядерного вещества подряждается также опытами с введением крысам эмбихина — вещества, итирующего действие излучений. Возникающие под влиянием терапевнеских и сублетальных доз эмбихина (1—2 мг на 1 кг веса животного) изнения клеток костного мозга резко отличаются от тех, которые наблюются после воздействия лучистой энергии, и микронекрозы в этом случае образуются. Лишь при очень больших летальных дозах эмбихина (10 мг/кг) клетках происходит типичный распад ядерного вещества и при соответзующей обработке флуорохромами можно было видеть характерно люми-

сцирующие микронекрозы.

На обычных гистологических препаратах мазков и срезов костного мозга удается видеть тех ранних стадий повреждения клеток после действия чистой энергии, которые обнаруживаются при помощи люминесцентного тода. При изучении фиксированных гистологических препаратов мы обруживали, как и другие авторы, лишь более грубые и поздние картины

еточного распада.

Используя метод люминесцентной микроскопии, мы смогли наблюдать, о явлению кариорексиса и появлению «осколков», «обломков» клеток, предествуют сложные, постепенно развивающиеся изменения ядра и цитоназмы. Тяжесть и глубина клеточных повреждений и темп их развития

висят от дозы радиации.

Таким образом, детальное люминесцентно-микроскопическое исследоние начальных и ранних изменений клеток костного мозга облученных ивотных позволило нам: 1) проследить в динамике повреждения ядерных цитоплазматических нуклеопротеидов; 2) установить, что при люминецентном исследовании удается обнаруживать такие начальные цитологические нарушения, которые не выявляются обычными цитологическими мерами и 3) подтвердить данные Мейселя и Сондак о ранних появлениях в растном мозгу микронекротических очагов, выявленных люминесцентным втодом.

Центральный научно-исследовательский рентгено-радиологический институт

Поступило 29 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 М. А. В l о о m, Histopathology of irradiation from external and internal sources, ondon, 1948. ² J. Вагго w, J. L. Tullis, Arch. Pathol., 53, 5, 391 (1952). P. D. R о s a h n, C. A. То b i a s, J. H. L a w r e n c e, Am. J. Pathol., 28, 37 (1952). H. Ф. Бараки н а, Влияние рентгеновской радиации на кровотворение, Диссертация, ист. морфол. животн. АН СССР, 1955. ⁵ М. Н. Мейсель, В. А. Сондак, АН, 105, № 6, 1221 (1955). ⁶ М. Н. Мейсель, Т. М. Кондратьева, А. Помощникова, Журн. общ. бнол., 12, 5, 312 (1951). ⁷ М. Н. Мейсель, Т. М. Кондратьсва, К. Н. Емельянов, ДАН, 81, № 6, 1047 (1951). М. Н. Мейсель, В. Б. Корчаги н, Бюлл. эксп. бнол. и мед., 33, 49 (1952).

Г. Н. РАУТИАН

ЦВЕТОРАЗЛИЧЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ТРИХРОМАТОВ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 31 XII 1955)

1. Релей, который еще в 1877 г. открыл аномальные формы цветовог зрения, пришел к представлению об аномалии как разновид ности цветового зрения, существующей обособленно от того или другого уровня остроты цветоразличения (1).

2. Позднее, однако, возникли более путаные взгляды на аномальную трихромазию и, соответственно, искаженная классификация (2).

Характерный пример такой противоречивости представляет обзор де фектных форм цветового зрения, данный Кельнером (3). С одной стороны он пишет: «этим путем можно обнаружить полный переход от различны степеней аномальности вплоть до красно-зеленой цветослепоты (т. е. до ди хроматизма), и этим без труда доказать, что протаномалы переходя в протанопов, а дейтераномалы в дейтеранопов без какого-либ четкого разграничения». Но в другом месте мы читаем: «Аномальна трихромазия и красно-зеленая цветослабость не совпадают друг другом: при первой встречается даже сверхчувствительность, по крайне мере для одного цвета, и, наоборот, несмотря на отсутствие аномально сти релеевского равенства, может иметь место снижение красно-зеленого различения». В самом заглавии § 3: «Красно-зеленая цветослабость аномальная трихромазия» у него противопоставлены эти две категории

Е. Б. Рабкин и Л. Г. Негло (4) дают такое определение: «Переход ные формы к аномальной трихромазии бесспорно существуют, но не о нормальной трихромазии к аномальной, а как один из промежуточны

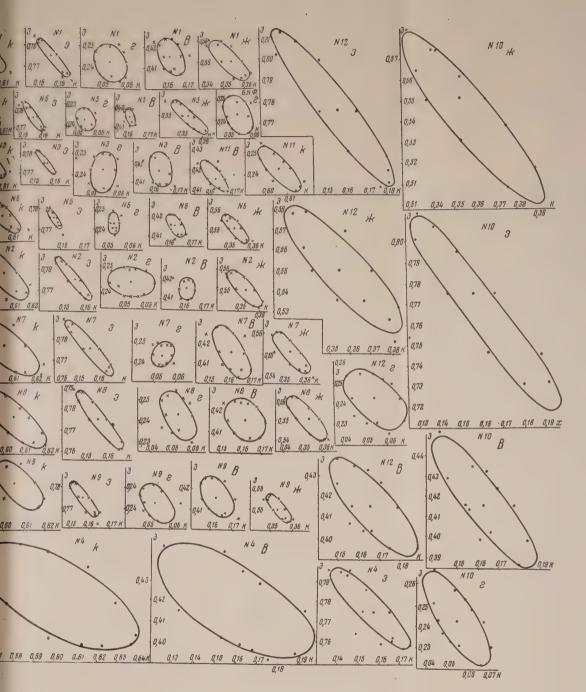
типов между нсрмальной трихромазией и дихромазией» (4).

Объективную причину такой спутанности представлений можно видети пожалуй, в том, что имевшаяся аппаратура (аномалоскопы) выявляла гланным образом аномалию и дихроматизм. Острота цветоразличения проявлялась только побочным образом — в «широте» разброса показаний. Толькочень сильное занижение остроты цветоразличения вызывало к себе внимание («субдихроматы» Гётлина (5), аномалы класса А по Рабкину).

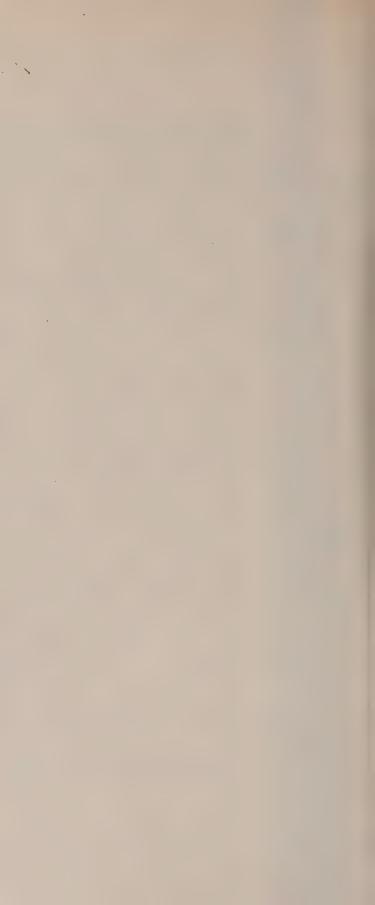
Многие авторы были фактически недалеки от заключения, что совместны проявления аномалии и цветослабости — это факты их взаимного наложения, но не органической взаимосвязи. Однако это заключение никем

кроме Релея, не было сделано с определенностью.

В дальнейшем мы приводим наши опытные данные, которые характеря зуют цветоразличение аномалов и подкрепляют подобный вывод. На ране описанном приборе (6) (сдвоенном трехцветном колориметре) определялис пороги цветоразличения для ряда цветов (в форме пороговых эллипсов). Он устанавливались на плоскости, заданной тремя типичными основными цветами K_0 , S_0 , C_0 трехцветного колориметра. Особенностью нашего сдвоенного колориметра является то, что все изменения цвета происходят на не исключительно в этой плоскости. Начальное равенство полуполей в это приборе означает не только колориметрическое равенство по цвету, но физическое равенство спектральных составов, приемлемое, следовательно для любого лица и с нормальным, и с аномальным цветовым зрением. Определение порогов производилось по ранее выработанной методике (6) вдол 6 диаметров порогового эллипса на основе 5 отсчетов на каждом его конце Каждый эллипс определялся 3 раза с промежутком в несколько дней междотдельными определениями.



ис. 1. Номера соответствуют номерам наблюдателей в табл. 1. κ — красный, s — зеленый, s — желтый, s — источник s



Система определения цвета аномала, вообще говоря, никак не связана истемой нормального трихромата. Они сосуществуют без возможности петного перехода между ними. Поэтому здесь приходится обеднить соикание понятия цвета как свойства «группы одинаково выглядящих излу-«Ий» до одной конкретной «точки» из этой группы, имея в виду данные якретные излучения в колориметре, имеющие для нормального глаза ra K_0 , 3_0 , C_0 .

аномального трихромата имеется только одна В отношении **МОЖНОСТЬ** — КОНСТАТИРОВАТЬ В ОПЫТЕ СОЧЕТАНИЯ ЭТИХ КОНКРЕТНЫХ ИЗЛУЧЕ-🛚 без каких-либо приобщений сюда и других «одинаково выглядящих» учений. Только с такой оговоркой можно пользоваться графиками цветги нормального трихромата с целью соотносительного изображения свойств мального цветового зрения, в частности, остроты цветоразличения.

 $^{\circ}$ На рис. 1 показаны в системе координат цветности прибора (K, β) * оговые эллипсы нормального трихромата и ряда аномалов. Характерики этих испытуемых, полученные на аномалоскопе ГОИ (7), даны абл. 1 в виде показателей аномальности $n_A.$ Из таблицы видно, что эти ртаномалы и дейтераномалы образуют довольно однородные группы тиных аномальных трихроматов. Эллипсы на рис. 1 надо рассматривать

Таблица 1

Норма Протаномалия			Дейтераномалия								
№ 1 A.M.H.	№ 2 3.B.A.	№ 3 A.E.B.	№ 4 C.P.B.	№ 5 H.H.A.	№ 6 Ш.О.Ф.	№ 7 Д.Э.П.	№ 8 П.Г.А.	№ 9 Г.С.В.	№ 10 X.Б.П.	№ 11 Н.Ю.Л.	№ 12 C.B.H.
1,05	0,30	0,28	0,28	3,5	3,3	3,5	3,5	4,2	3,5	2,8	2,5

с изображение на плоскости цветностного графика K_0 , β_0 , C_0 поровых для аномалов цветовых неравенств, как и представляются для нормального глаза.

Эти результаты с полной ясностью показывают, что, несмотря на одиковую или близкую степень аномальности (показатель n_A), пороговые липсы у различных испытуемых могут весьма сильно варьировать в своих вмерах. У испытуемых Н. Н. А. * и Ш. О. Ф. по сравнению с нормой ис. 1) наблюдается несомненно сверхострое цветоразличение, в то время к испытуемых С. Р. В., Х. Б. П. и С. В. Н. нельзя назвать иначе, как етослабыми аномалами.

Эти факты свидетельствуют, что острота цветоразличения и аномалия ектральной чувствительности приемников сетчатки весьма мало между бой связаны. Этим подтверждается адэкватность выдвинутой нами класрикации форм цветового зрения (°), допускающей, помимо нормы, пропения цветослабости и аномальности, порознь или в различных комбициях, с различной выраженностью, но без обязательной взаимосвязи.

> Поступило 19 XII 1955

цитированная литература

¹ J. Rayleigh, Nature, 25, 64 (1881). ² D. Judd, J. Opt. Soc. Am., 33, 294 (1881); Color in Business, Science and Industry, 1952, p. 69; M. Richter, ndriss der Farbenlehre, Leipzig, 1940, S. 76; W. Trendelenburg, Der Gesichtsa, 1943, S. 89, 94, 98, 102; Y. Le Grand, Optique physiologique, 2, Paris, 1949, p. 323; D. Wright, Researches on Normal and Defective Color Vision, L., 1946, p. 297, 303. Koellner, Bethe's Handb. d. norm. u. pathol. Physiol., 12, H. 1, 1929, S. 502. Б. Рабкин, Л. Г. Негло, Вестн. офталмологии, 17, № 5, 637 (1940). F. Göthlin, Abderhald. Handb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 6, 1926, 210. ° Г. Н. Раутиан, ДАН, № 1, 99 (1950); Вестн. офталмологии, 10, № 4, 18 (1954). ° Г. Н. Раутиан, ДАН, № 5, 815 (1951); Вестн. офталмологии, 10, № 4, 15 (1954).

^{*} Т. е. в плоскости треугольника $K_0 \mathcal{Z}_0 C_0$. ** Наблюдатель читал все таблицы Е. Б. Рабкина (5 изд.) без ошибок.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИК

ю. н. днестровский

ИЗМЕНЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЗОНАТОРОВ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 14 V 1956)

§ 1. Задача об изменении собственных частот электромагнитных резон торов при малом изменении формы резонатора или внесении внутрь не малых идеально проводящих тел рассматривалась многими авторами (1, методом возмущений. Ввиду сложности задачи все авторы огранич вались первым приближением, и вопрос о высших приближениях не с вился. Между тем для задачи о введении внутрь резонатора малых пров дящих тел результат первого приближения теории возмущений оказывает слишком грубым. А. И. Ахиезером, К. Д. Синельниковым и Г. Я. Люба ским (3), а затем Майером и Слетэром (4) была сделана попытка улучши результаты метода возмущений для тел правильной формы (шар, эллипсо вращения) при помощи тех или иных наводящих соображений. Одна вопрос о степени точности полученных формул оставался открытым. В н стоящей статье задача об изменении собственных частот резонатор рассматривается при помощи метода последовательных приближени сходимость которого предварительно доказывается. Получена общая форму для изменения собственного значения $\Delta \lambda$, из которой, в частности, вых кает формула Майера и Слетэра для сферического проводящего тель

Общий метод может быть применен также для задачи об изменении со ственных значений при изменении параметров в и и внутри резонатор Полученные результаты сравниваются с первым приближением теор возмущений. Показано, что при внесении внутрь резонатора малого диэле трического тела теория возмущений дает для изменения собственного значения собственного собственног

чения результат, значительно отличающийся от истинного.

§ 2. Пусть в замкнутом объеме T с идеально проводящей границей рассматривается задача о свободных колебаниях электромагнитного по. E, H в отсутствие объемных токов и зарядов ($\epsilon = \mu = const = 1$):

rot rot
$$\mathbf{E} = k^2 \mathbf{E}$$
 B T ; $[\mathbf{E}, \mathbf{n}] = 0$ Ha Γ ; $\mathbf{H} = \frac{1}{k} \operatorname{rot} \mathbf{E}$.

Рассмотрим однородное интегральное уравнение

$$\mathbf{E}(M) = k^2 \int_T K_t(M, M') \mathbf{E}(M') d\tau M',$$

где $K_t(M,M')$ — тензор Грина для области T, удовлетворяющий условям $K_t = \Gamma_t + g_t;$ Γ_t — «поперечная» часть фундаментального тензо $\Gamma = \frac{I}{4\pi r_{MM'}};$ div $\Gamma_t = 0;$ I — единичный тензор;

rot rot
$$K_t=0$$
; div $K_t=0$ в T при $M\neq M'$; $[K_t, \mathbf{n}]=0$ на Γ .

Нетрудно показать, что ядро $K_t(M, M')$ определяется из (2) единственым образом.

T е о p е m a. Для того чтобы E являлась собственной функцией зада (I), необходимо и достаточно, чтобы она являлась собственной функци интегрального уравнения (1).

1з (2) и теоремы вытекает, что ядро K_t симметрично, интегрируемо адрате, непрерывно в среднем и положительно-определено. Отсюда ует (5) сходимость метода последовательных приближений для уравне- (1). Для областей T, для которых существует тензор K_t , существует сретный спектр собственных значений и собственных функций задачи (1). (пы функциональной последовательности метода последовательных прижений для уравнения (1) удовлетворяют соотношениям

$$\mathbf{E}_n = \int_T K_t \, \mathbf{E}_{n-2} \, d\tau, \tag{3}$$

уда, на основании теоремы, они являются также решениями краевых

rot rot
$$E_n = E_{n-2}$$
; div $E_n = 0$ B T ; $[E_n, n] = 0$ Ha Γ . (4)

(По функциям \mathbf{E}_n могут быть построены числовые последовательности μ μ_n :

$$a_{n} = \begin{cases} \int_{T}^{\cdot} \mathbf{E}_{n}^{2} d\tau, & n \text{ четно,} \\ \int_{T}^{\cdot} \mathbf{E}_{n-1} \mathbf{E}_{n+1} d\tau, & n \text{ нечетно,} \end{cases} \quad \mu_{n} = \frac{a_{n-1}}{a_{n}}, \quad (5)$$

і которых справедливы соотношения

$$\mu_{n+1} - (\mu_n - \mu_{n+1}) / (\frac{\lambda_2}{\mu_{n+1}} - 1) \leqslant \lambda_1 \leqslant \mu_{n+1},$$
 (6)

 λ_1 и λ_2 — первое и второе собственные значения задачи (I).

§ 3. Предположим, что объем T слегка изменяется либо за счет малой рормации внешней границы, либо за счет внесения внутрь него малых еально проводящих тел: $T=\mathfrak{r}+g$, где g — малая область с границей $-\gamma$. В области \mathfrak{r} рассмотрим задачу

rot rot
$$\mathbf{E} = \lambda \mathbf{E} \mathbf{B} \tau; \quad [\mathbf{E}, \mathbf{n}] = 0 \text{ Ha } \Gamma + \varepsilon$$
 (II)

обозначим через $\lambda^{(h)}$ и $\mathbf{E}^{(h)}$, $\mathbf{H}^{(h)}$ ее собственные значения и собственные нкции. Предположим также, что собственные значения λ_h и собственные нкции \mathbf{e}_h и \mathbf{h}_h задачи (I) известны. Применим для исследования задачи метод последовательных приближений. Будем искать функции \mathbf{E}_n виде суммы решения задачи (I) и поправочных функций \mathbf{f}_n :

$$\mathbf{E}_n = c_n \, \mathbf{e}_1 + \mathbf{f}_n. \tag{7}$$

Подставляя (7) в (4) и выбирая $c_0=1$, $\mathbf{f}_0 \equiv 0$ в τ , получим для \mathbf{E}_n ражение $\mathbf{E}_n = \frac{\mathbf{e}_1}{k_1^n} + \mathbf{f}_n$, причем функции \mathbf{f}_n удовлетворяют краевым дачам

$$\operatorname{rot} \mathbf{f}_n = \mathbf{f}_{n-2}; \quad \operatorname{div} \mathbf{f}_n = 0 \text{ в } \tau; \quad [\mathbf{f}_n, \, \mathbf{n}] = 0 \text{ на } \Gamma; \quad [\mathbf{f}_n, \, \mathbf{n}] = -\frac{1}{k_1^n} [\mathbf{e}_1, \, \mathbf{n}] \text{ на } \varepsilon.$$

Воспользовавшись формулами (5), получим для μ_n :

$$\mu_3 = \lambda_1 (1 + U - 2V - 2B + D) (1 + 2U - 3V - 3B + 2D + F)^{-1} = \lambda_1 (1 + V - U + B - D - F + \dots),$$
(9)

$$= \lambda_1 (1) + 2U - 3V - 3B + 2D + F) (1 + 3U - 4V - 4B + 3D + 2F + G)^{-1} = \lambda_1 (1 + V - U + B - D - F - G + \dots),$$

где

$$U = \int_{\mathcal{S}} \mathbf{e}_1^2 d\tau, \quad V = \int_{\mathcal{S}} \mathbf{h}_1^2 d\tau, \quad B = \lambda_1 \int_{\tau} (\operatorname{rot} \mathbf{f}_2)^2 d\tau = \lambda_1 \int_{z} \eta \frac{\partial \eta}{\partial n} d\sigma,$$

$$D = \lambda_1^2 \int_{\tau} \mathbf{f}_2^2 d\tau, \quad F = \lambda_1^3 \int_{\tau} (\operatorname{rot} \mathbf{f}_{40})^2 d\tau, \quad G = \lambda_1^4 \int_{\tau} (\mathbf{f}_{40})^2 d\tau,$$

причем

$$\Delta \eta = 0$$
 b $\tau;$ $\frac{\partial \eta}{\partial n} = 0$ ha $\Gamma;$ $\frac{\partial \eta}{\partial n} = -\frac{1}{k_1}(\mathbf{h}_1, \mathbf{n})$ ha $\epsilon;$

rot rot $\mathbf{f}_2=0$; div $\mathbf{f}_2=0$ в τ ; $[\mathbf{f}_2,\,\mathbf{n}]=0$ на Γ ; $[\mathbf{f}_2,\,\mathbf{n}]=-\frac{1}{\lambda_1}[\mathbf{e}_1,\,\mathbf{n}]$ на

rot rot
$$\mathbf{f}_{40} = \mathbf{f}_2$$
; div $\mathbf{f}_{40} = 0$ в τ ; $[\mathbf{f}_{40}, \, \mathbf{n}] = 0$ на $\Gamma + \varepsilon$.

Из (9) и (6) для собственного значения $\lambda^{(1)}$ вытекает формула

$$\lambda^{(1)} = \lambda_1 [1 + V - U + B - D - F + O(G)], \tag{1}$$

отличающаяся от результата теории возмущений

$$\lambda^{(1)} \sim \lambda_1 [1 + V - U]. \tag{1}$$

Для малого сферического идеально проводящего шарика радиуса *н* помещенного внутрь резонатора, формула (10) дает

$$\frac{\Delta\lambda_1}{\lambda_1} = \left(\frac{3}{2}\overline{\mathbf{h}}_1^2 - 3\overline{\mathbf{e}}_1^2\right)V_{\mathcal{E}} + O(R^5),\tag{1}$$

в то время как по теории возмущений

$$\frac{\Delta\lambda_1}{\lambda_1} \sim (\overline{\mathbf{h}}_1^2 - \overline{\mathbf{e}}_1^2) V_{\mathcal{E}},\tag{1}$$

где $V_g=rac{4\pi}{3}\,R^3$ — объем шарика; $\overline{\mathbf{h}}_1$ и $\overline{\mathbf{e}}_1$ — среднее поле задачи (

Отметим, что результаты Майера и Слетэра для круглого шарин совпадают с формулой (12) и потому являются правильными. Отсюд также вытекает ошибочность соответствующей формулы, полученно в работе (3).

§ 4. Метод последовательных приближений может быть примене и для задач об изменении собственных значений при изменении параметров ε и μ внутри области T. В частности, при внесении малого диэлектри ческого тела объема g с проницаемостью ε в однородный эндовибрато с проницаемостью ε собственное значение изменится на величину

$$\Delta \lambda = -\lambda_1 \left[\int_{\mathcal{E}} (\overline{\varepsilon} - \varepsilon) \, \mathbf{e}_1^2 \, d\tau + k_1 \int_{\varepsilon} (\overline{\varepsilon} - \varepsilon) \, \varphi \, \left(\mathbf{e}_1, \, \mathbf{n} \right) \, d\sigma + O(A) \right], \tag{1}$$

где ε — ε = $\delta \varepsilon$ — конечная величина; $A=k_1^2 \int\limits_T \mu {f g}_3^2 d \tau;$

$$\Delta \varphi = 0$$
 в T ; $\varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial n} - \varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial n} + \frac{1}{k_1} \delta \varepsilon (\mathbf{e_1}, \mathbf{n}) = 0$ на ε ; $\varphi = 0$ на Γ ;

$$\operatorname{rot} \mathbf{g}_3 = \begin{cases} \delta\epsilon \frac{\mathbf{e}_1}{k_1} + \bar{\epsilon} \nabla \phi \ \mathrm{B} \ \mathbf{g}; \\ \epsilon \nabla \phi \ \mathrm{B} \ \tau; \end{cases} \qquad \operatorname{div} \mathbf{g}_3 = 0 \ \mathrm{B} \ T; \qquad (\mathbf{g}_3, \ \mathbf{n}) = 0 \ \mathrm{Ha} \ \Gamma.$$

Для круглого шарика радиуса R_{g} формула (14) принимает вид

$$\Delta \lambda = -\lambda_1 (\overline{\varepsilon} - \varepsilon) \frac{3\varepsilon}{2\varepsilon + \overline{\varepsilon}} \overline{\mathbf{e}}_1^2 V_g + O(R_g^5), \qquad (15)$$

о время как по теории возмущений

$$\Delta \lambda \sim -\lambda_1 (\bar{\varepsilon} - \varepsilon) \bar{e}_1^2 V_g.$$
 (16)

Пользуюсь случаем выразить свою глубокую признательность А. А. Саюскому за постановку задачи и обсуждение полученных результатов.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Поступило 4 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 J. Müller, Hochfrequenztechnik und Electroakustik, **54**, 157 (1939). ² J. Cater, Rev. Mod. Phys., **18**, 480 (1946). ³ К. Д. Синельников, А. И. Ахиер, Г. Я. Любарский, Уч. зап. Харьковск. гос. унив., **35**, 61 (1950). ⁴ L. C. jer, J. C. Slater, J. Appl. Phys., **23**, 68 (1952). ⁵ L. Collatz, Math. Zs., 692 (1940).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

м. в. приданцев, о. н. мещеринова и ю. в. пигузов

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ БОРА МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

(Представлено академиком И.П. Бардиным 29 Х 1955)

Существующее представление о механизме влияния малых добавок боркак поверхностно-активного элемента не подтверждено экспериментально Толщина межкристаллитных зон, в которых, согласно этому представлению, адсорбируются поверхностно-активные примеси, очень мала. Это сильно затрудняет непосредственное изучение механизма влияния малых добавок бора и заставляет искать новые пути экспериментального исследования В данной работе для этой цели был применен метод измерения внутреннег трения.

Влияние бора исследовалось на низкоуглеродистом железе с добавкам бора в количестве 0,002; 0,004; 0,006; 0,008% методом затухания крутильных колебаний проволочных образцов (длина 300 мм, диаметр 0,7 мм) интервале температур от 20 до 700° при частоте 1 гц. За меру внутреннег трения принимался логарифмический декремент колебаний. Химический

состав исследованных плавок приведен в табл. 1.

Таблица 1

No No	NºNº	Химич ский с став плавок, %								
плавок	слитков	С	Mn	Cr	Si	P	· s	NI	В	
I	1 2 3 4 5	0,025 0,025 0,02 0,025 0,025 0,02	0,07 0,06 0,10 0,06 0,07	следы » » »	0,12 0,10 0,075 0,13 0,12	0,002 0,002 0,003 0,002 0,002	0,016 0,015 0,015 0,014 0,017	0,09 0,09 0,11 0,09 0,66	0,002 0,004 0,006 0,008	
H	1 2 3 4	0,03 0,03 0,025 0,025	0,07 0,66 0,10 0,66	» » »	0,12 0,075 0,10 0,13	0,003 0,002 0,002 0,003	0,014 0,016 0,015 0,014	0,08 0,09 0,07 0,10	0,002 0,004 0,008	

Выплавка плавок производилась в высокочастотной печи с магнезито вым тиглем емкостью 10 кг. В качестве шихты применялось переплавленное в дуговой печи губчатое железо состава: С 0,035%, \$i 0,01%, Mn 0,66% Р 0,001%, \$ 0,01%, Ni и Си следы. Раскисление осуществлялось алюминие из расчета 1 кг на 1 т. Бор вводился в печь из ферробора по расчету последзливки каждого предыдущего слитка.

Для исследования влияния бора на внутреннее трение была изготовлен холодным волочением проволока диаметром (),7 мм. После волочения образц проволоки подвергались термической обработке: а) отжигу при 900° в тичение 0,5 часа с охлаждением 20° в час; б) нагреву при 700; 750 и 800° вакуумной печи в течение 1 часа и охлаждению в выключенной печи по

вакуумом.

 \tilde{T} емпературный ход внутреннего грения характеризуется двумя ярк выраженными максимумами при 30 и 540° (см. рис. 1, 2, 3 и 4). (Пунктирна

пия на всех графиках показывает монотонное возрастание внутреннегомия с температурой для случая, когда последнее является лишь функта температуры.)

На рис. 1 приведена температурная зависимость внутреннего трения для экженных образцов железа без бора и с различным содержанием бора.

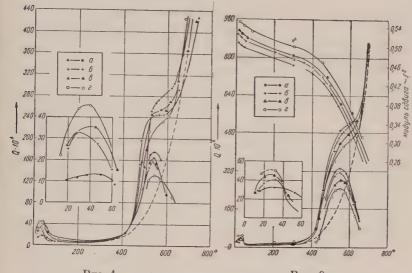


Рис. 1

Рис. 1. Температурная зависимость внутреннего трения Q железа с различным содержанием бора после отжига 900° (плавка I). Содержание бора (в %): a — без бора; δ — 0,002; δ — 0,004; ϵ — 0,006

Рис. 2. Температурная зависимость внутреннего трения Q железа с различным содержанием бора после предварительного нагрева 700° (плавка II). Содержание бора (в %): a — без бора; b — 0,002; b — 0,004; b — 0,008

Низкотемпературный максимум (при температуре ~30°), обусловлений атомами внедрения, повышается по мере увеличения содержания ра в железе, аналогично системам железо — углерод и железо — азот,

вательно, бор, подобно лероду и азоту, обрает с железом а твердый створ типа внедрения. Высокотемпературный ксимум обусловлен вязм течением по границам рен (²). Высота ксимума характеризует движность в поле напряений атомов, расположених по границам зерен. ижение высокотемперарного максимума (при примерно ипературе Э°) под влиянием доба-

следованным в (1). Сле-

Таблица 2

Значения низкотемпературного и высокотемпературного максимумов для образцов технически чистого железа с различным содержанием бора, подвергнутых предварительному нагреву при температурах 700, 750 и 800°

	Темі	тература	предварительного нагрева, °С					
Содерж.	700	750	800	700	750	800		
бора,	Внут Q -104, темпер	реннее при 540 ерат. ма	° (85100-					
Без бора 0,002 0,004 0,008	34 41 45 52	35 44 47 52	47 48 48 58	490 475 438 4 00	495 420 400 365	490		

к бора связано с преущественным распределением бора по границам зерен железа и тормо-

нием процессов диффузии атомов на границе зерна.

При измерении внутреннего трения установлено также, что величина рих максимумов находится в зависимости не только от содержания

бора в железе, но и от условий предварительной термической обработк

образцов.

Сравнивая результаты измерения внутреннего трения образцов техни чески чистого железа без бора и железа с различным содержанием бора

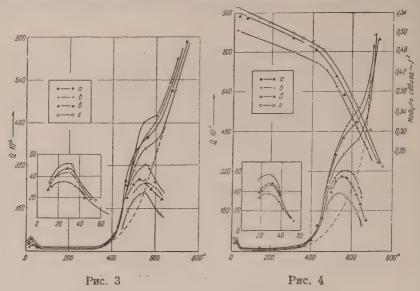


Рис. 3. Температурная зависимость внутреннего трения Q железа с различным содержанием бора после предварительного нагрева 750° (плавка II). Содержание бора (в %): a — без бора; b — 0,002; b — 0,004; c — 0,008 Рис. 4. Температурная зависимость внутреннего трения Q железа с различным содержанием бора после предварительного нагрева 800° (плавка II).

Содержание бора (в %): a — без бора; b — 0,002; b — 0,004; c — 0,008

подвергнутых предварительному нагреву до температуры 700; 750 и 800 (см. табл. 2 и рис. 2, 3 и 4), можно видеть, что в то время ка низкотемпературный максимум закономерно повышается по мере повыше ния температуры предварительного нагрева для всех сталей, высоко

Таблица 3

Ударная вязкость технически чистого железа в зависимости от содержания бора (после закалки с 920° в воде и отпуска при 650°, выдержка 1,5 часа с охлаждением на воздухе) (плавка I)

	Ударная вязкость, кг·м/см³					
№№ Слитков	до наклепа	после 10% обжатия и отпуска при 250°, 1 час				
1 2 3 4 5	26,65 25,53 24,2 25,23 23,15	18,45 4,0 3,6 2,0 2,05				

температурный максимум снижаетс лишь в сталях, содержащих бор.

Повышение низкотемпературног связано с максимума растворение углерода, а возможно, и бора в а-же лезе. Снижение же высокотемператур ного максимума может быть объяснен либо наличием в твердом растворе боль шего количества атомов бора (посколи ку в образцах без бора высокотемпера турный максимум остается постоянным либо уменьшением растворимости угле рода в α-железе подвлиянием бора, в сил чего из пересыщенного твердого раство ра при температуре измерения внутрен него трения (~540°) происходит боле интенсивное выделение мелкодиспере ных соединений, блокирующих грани цы зерен. Это влияние бора, как по

казывают эксперименты, заметнее проявляется в железе с большим содер жанием бора. В полном соответствии с данными, определяющими влиз ние бора на температурную зависимость внутреннего трения, находитс и изменение модуля сдвига (рис. 2 и 4). Кривые модуля сдвига дл 100

зцов, содержащих бор, имеют более крутой спад с повышением темперы нагрева, чем кривые модуля сдвига для образцов без бора. Результаты определения ударной вязкости образцов железа с различ-

содержанием бора (см. табл. 3), подвергнутых предварительно мехасскому старению, подтверждают вывод о том, что бор ускоряет процессы эления мелкодисперсных соединений.

После старения ударная вязкость образцов без бора была 18 кг⋅м/см², а

изцов с бором снизилась до 2 кг·м/см².

В заключение следует отметить, что экспериментальные данные относльно влияния бора на свойства стали хорошо согласуются с выводами, ученными при измерении внутреннего трения железа с бором.

Институт стали
[Центрального научно-исследовательского института черной металлургии

Поступило 28 X 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ L. J. Dijkstra, Philipa Res. Rep., 2, № 5, 357 (1947). ² T. S. K ê, Phys. 1, 71 (1947).

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

г. н. поваров

К МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ СИНТЕЗА КОНТАКТНЫХ (1, *k)-ПОЛЮСНИКОВ

(Представлено академиком В. С. Кулебакиным 4 VII 1956)

В настоящей заметке излагаются некоторые теоремы о строении контактных (1, k)-полюсников. Эги теоремы позволяют оценить число контактов в контактных (1, k)-полюсниках при больших k. В заметке используются термины и понятия из $(^1)$, но, в отличие от $(^1)$, узлы отождествляются с присоедипенными к ним полюсами. Под функциями всюду понимаются булевы функции * .

Пусть z обозначает z или z. Назовем π -функцией функцию вида xf и σ -функцией функцию вида xf + yg, где $x \neq y$ и f, g суть произвольные функции. Как показал Шеннон (3), число π -функций n переменных не превосходит $2n2^{2^{n-1}}$, а число σ -функций n переменных не превосходит

 $2n(2n-2)2^{3\cdot 2^{n-2}}$, так что почти все** функции не являются ни π -функциями, ни σ -функциями. Условимся далее говорить что выход контактного (1, k)-полюсника принадлежит функции проводимости между общим входом и этим выходом и что узел схемы и присоединенная к нему ветвь и нидентны друг другу.

Рис. 1 Теорема 1. Пусть дан контактный (1, k)-полюсник

Для того чтобы выход, к которому присоединено не болеговух ветвей, не принадлежал несобственной функции, π -функции или σ -функции, необходимо, чтобы к этому выходу были присоединены дви противоположных контакта одного и того же приемного элемента и чтобы эти контакты не были в то же время присоединены к другим выходам, которые инцидентны точно двум ветвям, представляющим собой противоположные контакты одного и того же приемного элемента ***

В самом деле, выход, инцидентный не более чем одной ветви, при надлежит либо несобственной функции, либо функции вида \widetilde{xf} , т. е π -функции. Выход, инцидентный точно двум ветвям, принадлежит функции вида $\widetilde{xf}+\widetilde{yg}$, которая при $x\neq y$ является σ -функцией и при $\widetilde{x}=\widetilde{y}$ является π -функцией. Пусть теперь к выходам i и i' присоединено точно по дв ветви и в обоих случаях $\widetilde{x}=\overline{\widetilde{y}}$. Пусть при этом одна и только одна и ветвей, инцидентных выходу i, инцидентна также и выходу i', так чт всего к i и i' присоединено три контакта одного и того же приемног элемента (см. рис. 1). Тогда контакт, соединяющий i с i', противоположе

двум другим контактам и каждый выход принадлежит функции вид

^{*} Данная работа составляет часть диссертации (2) и исторически предшествова: работе (1).

^{**} В смысле (4), стр. 8.
*** При k=4 эта теорема неявно содержится в (5), где она используется для доказательства минимальности известной схемы лестничного освещения.

1+xxg=xf, т. е. π -функции. Если же обе ветви, инцидентные i, ицидентны i', то оба выхода принадлежат нулю, т. е. π -функции, что

шоказывает теорему.

 Для каждого (1, k)-полюсника построим рекурсивно следующую цепочку 1/13 классов выходов и следующую цепочку Λ из классов ветвей: класс K_1 иючает выходы, не принадлежащие ни π-функциям, ни σ-функциям инцидентные точно двум ветвям каждый; класс Λ_1 включает ветви, Глидентные выходам класса $\mathrm{K}_1;\dots;$ класс K_{m+1} включает выходы, которые принадлежат ни π-функциям, ни σ-функциям и не входят в классы $1, \, \mathrm{K}_2, \, \ldots, \, \mathrm{K}_m$ и которым инцидентны точно по две ветви, не входящие классы $\Lambda_1,\,\Lambda_2,\,\ldots,\,\Lambda_m$; класс Λ_{m+1} включает ветви, не входящие вклассы $\Lambda_1,\,\Lambda_2,\,\ldots,\,\Lambda_m$ и инцидентные выходам класса \mathbf{K}_{m+1} . Так как осло выходов конечно, то в конце концов цепочка классов оборвется: ж классы в конце концов пусты. Выходы, входящие в классы цепочки К, язовем классифицированными.

Tеорема 2. Все цепи, соединяющие выход i класса K_l со входом проходящие через ветви классов $\Lambda_1,\,\Lambda_2,\,\ldots,\,\Lambda_{l-1},$ присоединенные к i,эждественно разомкнуты; соединенные с i ветви класса Λ_l суть про-

чивоположные контакты одного и того же приемного элемента.

В самом деле, теорема верна для l=1. Пусть она верна для $1, 3, \ldots, l-1$. Тогда любой путь, идущий из входа в выход класса K_l рез ветви младших классов, проходит через противоположные контакты дного и того же приемного элемента. Такой выход можно рассматривать λ к выход, инцидентный точно двум ветвям, а именно ветвям класса Λ_l . о определению выход не принадлежит ни π -функции, ни σ -функции; педовательно, в силу теоремы 1 инцидентные ему ветви суть противооложные контакты одного и того же приемного элемента.

Теорема 3. Каждому классифицированному выходу можно сопостаить две ветви так, что разным выходам будут отвечать непересекающиеся

ары ветвей.

В самом деле, сопоставим выходу класса K_t ветви класса Λ_t , инциентные ему. Тогда выходы разных классов заведомо не будут иметь бщих ветвей. Выходы одного класса также не могут иметь общих ветвей, наче по теореме 1 они принадлежали бы π -функциям, что и доказывает еорему.

Пусть \mathfrak{M} — множество выходов (1,k)-полюсника; \mathfrak{M}_1 — множество ыходов, принадлежащих единице, π -функциям или σ -функциям; \mathfrak{M}_2 — мно-

кество классифицированных выходов; $\mathfrak{M}_3 = \mathfrak{M} \setminus \mathfrak{M}_1 \setminus \mathfrak{M}_2$. T е о р е м а $\ 4.\ (1,\ k)$ -полюсник содержит не менее $^3/_2\ (k'+k'')$ контактов,

 $\partial e \ k'$ — мощность \mathfrak{M}_2 , $a \ k''$ — мощность \mathfrak{M}_3 .

В самом деле, каждый выход из \mathfrak{M}_3 обладает самое меньшее 3 ветвями, нцидентными ему и не инцидентными выходам из \mathfrak{M}_2 . Каждая такая етвь инцидентна не более чем двум выходам из \mathfrak{M}_3 , поэтому число этих етвей не меньше, чем $^3/_2\,k''$. В соединении с теоремой 2 это дает не менее $l_2(k'+k'')$ контактов в схеме, что и доказывалось.

Теорема 4 позволяет доказать теорему 2 из (1). Действительно, в случае B_{nn} -ряда мощность \mathfrak{M}_1 не превышает P/n. Для любого действительного \in (0, 1] найдется такое n_0 , что при $n>n_0$ всегда $P\mid n<$ arepsilon P< arepsilon P< arepsilon P<еоремы 4 наш B_{kn} -ряд требует не менее $^3/_2(k'+k'') \gg ^3/_2[k-(P/n)] >$

 $>(1-\varepsilon)^3/_2k$ контактов, что и требовалось доказать.

Следствие из теоремы 2 в $(^1)$. Для любого действительного $\in (0, 1]$ найдется такое n_0 , что если $n>n_0$ и $k\geqslant P$, то любой B_{kn} -ряд

ребует не менее $(1-\varepsilon)k2^n/\log_2 k + n$ контактов.

Теорему 3 из (1) тоже можно доказать при помощи настоящей теоремы 4. 3 самом деле, начиная с некоторого $n_0,\, 2^{2^n}-(P/n)>P>k.$ Поэтому при $n>n_0$ всегда найдется хотя бы один B_{kn} -ряд без π -функций и σ -функций, ткуда в силу теоремы 4 вытекает доказываемое.

103

Следствие 1 из теоремы 3 в (1). Начиная с некоторого n_0 , если $k \in [2^{2l_0 \cdot 2^n}, P)$, то $L(k, n) > k2^n / \log_2 k + n$.

Следствие 2. Начиная с некоторого n_0 , если $k \in [2^{2^{n-1}}, 2^{2^{i_2} \cdot 2^n})$, то $L(k,n) > 3k2^{n-2}/\log_2 k + n$.

Таким образом, теоремы 1-4 настоящей работы помогают оценить

число контактов в контактных (1, k)-полюсниках при $k \geqslant 2^{2^{n-1}}$.

Заметим еще, что любой B_{kn} -ряд требует не менее k контактов. Действительно, в противном случае хотя бы один выход (1, k)-полюсника неизбежно принадлежит нулю. Отсюда вытекает, в частности, вторая часть теоремы 5 из (1): начиная с некоторого n_0 , при $k \in [2^{2^{n-1}}, P]$ сложность любого B_{kn} -ряда $\gg 1/4$.

Институт автоматики и телемеханики Академии наук СССР Поступило 8 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

 1 Г. Н. Поваров, ДАН, 100, № 5, 909 (1955). 2 Г. Н. Поваров, Диссертация, Инст. автомат. и телемех. АН СССР, 1954. 3 С. Е. Shannon, Bell Syst. Techn. J., 28, No. 1, 59 (1949). 4 G. H. Hardy, E. M. Wright, An Introduction to the Theory of Numbers, Oxford, 1945. 5 С. Cardot, Ann. Télécommun., 7, No. 2, 75 (1952).

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Н. Ю. ИКОРНИКОВА и В. П. БУТУЗОВ

О ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ СИНТЕЗЕ КАЛЬЦИТА

(Представлено академиком А. В. Шубниковым 2 VII 1956)

з литературных данных известно, что мелкие кристаллы CaCO₃ (по-а 0,1—0,2 мм) были получены: 1) из расплавов хлористых солей; 2) израстворов, содержащих ионы кальция и углекислоту. Крупные крилы исландского шпата до сих пор получены не были. Все месторождения ных кристаллов кальцита имеют гидротермальное происхождение носятся к так называемому контактово-метасоматическому типусталлы обычно образуются здесь в результате растворения и переотлогия известняков осадочных пород или жильного карбонатного материала, кже при взаимодействии гидротерм с основными эффузивными породами. Отермальное происхождение природных крупных кристаллов кальдает уверенность в целесообразности постановки экспериментальной ты по гидротермальному синтезу кристаллов исландского шпата.

Lля осуществления гидротермального синтеза кристаллов любого вева необходимо, прежде всего, найти его растворители и определить симость растворимости этого вещества от температуры. Известно, что воримость кальцита в различных водных растворах при нормальных

ениях и низких температурах чрезвычайно мала.

I. И. Хитаров установил (1), что растворы хлористого натрия или калькоторые при нормальных температурах нейтральны, при высоких ературах (в интервале от 300-400°) становятся кислыми и интенсивно воряют многие силикатные породы. Из работы Хитарова следует, что ествует прямая зависимость между температурой, кислотностью раса хлористой соли и растворимостью вещества, на которое воздействует вор хлористой соли. Можно предполагать, что в водных растворах ристых солей при высоких температурах происходит гидролиз этих й, ведущий к образованию свободной НСІ. Эти данные говорят о том, 1) растворы хлористых солей при высоких температурах должны инивно растворять кальцит; 2) ввиду того, что активность растворов хлоых солей прямо связана с температурой, они являются благоприятными ами для гидротермального синтеза кристаллов, особенно в том случае, гидротермальный синтез осуществляется методом температурного пере- Поэтому в качестве растворителей кальцита были выбраны водные воры разных хлористых солей.

Нами была проведена большая серия опытов по изучению растворимости оста кристаллов кальцита в различных растворах хлористых солей и створах хлористых солей с СО2 при температурах от 300 до 550° и давиях до 1300 атм. При этом было установлено, что рост кристаллов каль-

легче всего происходит в растворах NaCl и CaCl₂.

езультаты проведенной работы по гидротермальному синтезу кальцита

ятся к следующему:

. В водных растворах некоторых хлористых солей при определенных

значениях давления и температуры кальцит, в основном, растворяе

конгруентно*.

2. Водный раствор хлористой соли тем более обнаруживает способно к гидролизу и тем более интенсивно растворяет кальцит, чем более сла основание входит в состав этой соли.

3. Рост кристаллов кальцита в условиях температурного перепада с ществляется тем труднее, чем более интенсивно происходит гидро

данной хлористой соли.

4. Изометрические кристаллы кальцита диаметром 5—6 мм, а т же игольчатые кристаллы длиной до 1 см могут быть получены из ртворов некоторых хлористых солей в условиях температурного переп внутри автоклава.

Институт кристаллографии Академии наук СССР Поступило 29 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. И. Хитаров, ДАН, 94, № 3, 519 (1954).

^{*} При конгруентном растворении вещества A в растворе не образуется новых твердустойчивых фаз, отличающихся по своему составу от A. При инконгруентном растворенещества A в растворе образуется устойчивая твердая фаза B, отличающаяся по соста

ХИМИЯ

Академик Б. А. АРБУЗОВ, В. С. ВИНОГРАДОВА и Н. А. ПОЛЕЖАЕВА

ПРОДУКТЕ ДЕЙСТВИЯ ДИЭТИЛФОСФОРИСТОГО НАТРИЯ НА БРОМАЦЕТОН

3 предыдущих сообщениях (1-3) был изложен материал, полученный по синтезу эфиров β-кетофосфиновых кислот и по изучению синтезинных соединений химическими методами (титрование бромом) и снят спектров поглощения в ультрафиолете с целью обнаружения присутя или отсутствия у эфиров β-кетофосфиновых кислот таутомерии кетоньного типа. Синтез эфиров β-кетофосфиновых кислот производился нами эдом перегруппировки А. Е. Арбузова — действием триалкилфосфитов α-галоидокетоны и методом Михаэлиса — Беккера — действием на плоидокетоны диэтилфосфористого натрия.

Исследованиями последнего времени (4) было установлено, что реакция кду α -галоидокетонами и α -галоидоальдегидами и триалкилфосфитами кет происходить частично или полностью анормально и приводит к

азованию непредельного эфира фосфорной кислоты

$$CH_3-CO-CH_2-P(O)~(OC_2H_5)_2$$
 нормальная реакция
$$CH_3-CO-CH_2=C-P(O)~(OC_2H_5)_2$$
 нормальная
$$CH_3=C-P(O)~(OC_2H_5)_2$$
 анормальная реакция

ебуется весьма тщательная разгонка, чтобы получить эфиры β-кетофосновых кислот, свободные от примеси непредельного эфира фосфорной слоты.

Реакция Михаэлиса — Беккера может быть представлена уравнением

$$CH_3CO - CH_2Br + Na(O)P(OC_2H_5)_2 = CH_3 - CO - CH_2 - P - (OC_2H_5)_2 + NaBr.$$

Сопоставление эфиров β-кетофосфиновых кислот, полученных по методу Е. Арбузова и по методу Михаэлиса — Беккера, показало некоторое ичие в константах (²), которое не было резким. Однако в спектрах пощения эфиров β-кетофосфиновых кислот в ультрафиолете нами была обружена существенная разница в зависимости от способа их получения (³). Фосфонацетон, полученный действием триэтилфосфита на бромацетон, а максимум в области 2800 Å, что характерно для карбонильной группы сфонацетон, полученный действием диэтилфосфористого натрия на брометон, имел спектр поглощения более плавного характера и не имел ксимума в области 2800 Å. Аналогичная картина была получена и у иров других β-кетофосфиновых кислот.

Такое отличие побудило нас более детально изучить продукты действия отилфосфористого натрия на α-галоидокетоны. Для продуктов, получиых по реакции Мичаэлиса — Беккера, нам не удалось обнаружить исутствие карбонильной группы такими обычными реагентами, как семи-

обазид и 2,4-динитрофенилгидразин.

Отсутствие максимума в спектрах поглощения в области 2800 Å и от рицательная реакция с семикарбазидом и 2,4-динитрофенилгидразином моглу получить объяснение, если придать продукту взаимодействия бромаце тона с диэтилфосфористым натрием строение эфира эпоксифосфиновой кислоты.

Получение фосфинового эфира с окисным кольцом вполне возможно, если принять, что диэтилфосфористый натрий реагирует не с галоидом, аскарбо

нильной группой (I)

$$CH_{3} - CO - CH_{2}Br + NaP(O) (OC_{2}H_{5})_{2} \rightarrow BrCH_{2} - C - P(O) - (OC_{2}H_{5})_{2} \rightarrow ONa$$

$$CH_3$$
 (II)
 $\rightarrow CH_2 - C - P(O)(C^{-1} + NaBr.$

Последующее выделение бромистого натрия дает эфир эпоксифосфиновог кислоты (II).

Возможность реагирования диэтилфосфористого натрия с карбонильногруппой была показана ранее А. Е. Арбузовым и М. М. Азановской (5) Для подтверждения такого течения реакции Михаэлиса — Беккера нам был произведен синтез эфира эпоксифосфиновой кислоты (II) следующим путем:

$$CH_3 - CO - CH_2CI + H(O) - P(OC_2H_5)_2 \rightarrow CH_2CI - C - P(O) (OC_2H_5)_2 \xrightarrow{KOH} CH_3$$

$$CH_3 \longrightarrow CH_2 - C - P(O) - (OC_2H_5)_2 *.$$

Константы препаратов, полученных двумя указанными методами, ока зались очень близкими (см. табл. 1). Спектры поглощения их в ультра

	Таблица 1					
	Т. кип. в °С	Dabn. B MM pt. cr.	420	n_D^{20}	MR_D	
Препарат, получен. по методу Михаэлиса— Беккера Эфир эпоксипропенилфосфиновой кисслоты	90		1,1153 1,1137			

фиолете также оказались близкими Интересные данные были получены п спектрам комбинационного рассеяни света.

В спектре фосфонацетона, полученного действием триэтилфосфита н бромацетон, ярко проявляется часто та кетонной группы С=О 1712 см⁻¹ Спектры препарата, полученного и бромацетона и диэтилфосфористом натрия, полностью совпали со спектром эфира эпоксипропенилфосфиново кислоты. В этих спектрах частоты области кетонной карбонильной группы отсутствуют.

Изложенные данные подтвержда

ют образование эпоксифосфиновог эфира при реакции Михаэлиса — Беккера с бромацетоном. Вероятно, образование эфиров эпоксифосфиновых кислот имеет место при действи

^{*} Одновременно независимо от нас синтез эфиров эпоксифосфиновых кислот этим же путем был осуществлен В. С. Абрамовым.

ілфосфористого натрия и на другие α-галоидокетоны. Работа в этом авлении продолжается.

Экспериментальная часть

гродукт действия диэтилфосфористого натрия был получен как было рано ранее (2). После перегонки на колонке с набивкой из стеклянных эв в 16 теоретических тарелок он имел следующие константы: $90^{\circ}/4$ мм; l_D^{20} 1,4317; l_D^{20} 1,1153; MR_D найдено 45,14.

заимодействие хлорацетона с диэтилфосристой кислоты Сравномолекулярные количества хлорона и диэтилфосфористой кислоты смешивались в перегонной колбе и чеси прибавлялось несколько капель концентрированного раствора лата натрия. Наблюдалось слабое разогревание. Содержимое колбы евалось 3 часа на масляной бане при $160-165^{\circ}$. После нейтрализации ченой кислотой и перегонки была получена фракция со следующими тантами: $124-126^{\circ}/4$ мм или $132-134^{\circ}/5,5$ мм; n_D^{20} 1,4415; d_0^{20} 1,1675; р найдено 51,04, для $C_7H_{16}O_4$ PCl MR_D вычислено 51,78; найдено 13,59%, вычислено P 13,45%; выход из 24,9 г хлорацетона 23,5 г.

После перегонки на колонке в 16 теоретических тарелок вещество имело: кип. $91^{\circ}/4,5$ мм; n_D^{20} 1,4313; d_0^{20} 1,1137; MR_D 45,17.

Научно-исследовательский химический институт

им. А. М. Бутлерова
при Казанском государственном университете
им. В. И. Ульянова-Ленина

Поступило 4 VII 1956

цитированная литература

¹ Б. А. Арбузов, В. С. Виноградова, ДАН, 99, 85 (1954). ² Б. А. Арбузов, В. С. Виноградова, ДАН, 106, 263 (1956). ³ Б. А. Арбузов, С. Виноградова, ДАН, 106, 465 (1956). ⁴ W. Perkow, K. Ullerich, Meyer, Naturwiss., 39, 353 (1952); W. Perkow, E. Krockow, K. Knoenagel, Ber., 88, 662 (1955); W. Perkow, Ber., 87, 755 (1954); А. Н. Пудок, Н. М. Лебедева, ДАН, 101, 889 (1955); А. Н. Пудовик, ДАН, 105, 735 (5); А. М. Маttson, J. T. Spillane, G. W. Pearce, J. Agr. Food Chem., 19 (1955); W. Lorenz, A. Henglein, G. Schrader, J. Am. Chem. Soc., 77, 4 (1955); W. F. Barthel, B. H. Alexander, P. A. Giang, S. A. Hall, Am. Chem. Soc., 77, 2424 (1955). ⁵ A. E. Арбузов, М. М. Азановская, Н, 58, 1961 (1947).

ХИМИЯ

А. А. ГУРЕЕВ и З. А. САБЛИНА

ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ КЛАССА ШИФФОВЫХ ОСНОВАНИЙ НА ИХ СВОЙСТВА КАК ДЕАКТИВАТОРОВ МЕТАЛЛОВ

(Представлено академиком А. В. Топчиевым 29 V 1956)

Для предотвращения каталитического действия металлов на окислительные процессы (например в топливах) могут применяться специальные при садки — деактиваторы (инактиваторы) металлов (1 , 2). Деактивирующи свойства таких присадок объясняются их способностью образовывать ионами металла, находящимися в топливе, комплексные соединения не ионного характера (3).

Значительное число соединений, обладающих деактивирующими свой ствами, найдено в классе шиффовых оснований — продуктов конденсации ароматического альдегида и амина.

В связи с тем, что при комплексообразовании с металлом наиболее устой чивы кольца, состоящие из 5—6 атомов, для синтеза соединений с хорошими деактивирующими свойствами применим только оксибензальдегид, имею щий окси-группу в орто-положении к альдегидной группе (салициловый

Таблица 1 Характеристика синтезированных салицилиденов

Соединения	Внешний вид	Т. пл.,	Растворимость
Салицилиденани- лин Салицилиден-орто- аминофенол	Серо-желтые мел- кие иглы Оранжево-красные блестящие че-		В бензине, бензо- ле, спирте и др. В спирте, ацетоне, слабо в бензоле
Салицилиден-мета-	шуйки Оранжево-желтый порошок	128	В ацетоне, трудно в бензоле
Салицилилен-пара-	Желто-коричневый порошок	137	
Дисалицилиден- орто-фениленди- амин	Светло-оранжевые мелкие кристал- лы	160	
Дисалицилиден-мета-фениленди- амин	Желтые, блестя- щие чешуйки	211	
Дисалицилиден-па- ра-фениленди- амин	Ярко-оранжевые блестящие кри- сталлы	109	Трудно в ацетоне растворим в горячем бензоле

альдегид). Шиффовы основания из мета- и пара-оксибензальдегидов дак при комплексообразовании 7- и 8-членные кольца, которые не обладак достаточной устойчивостью. Иными словами, выбор ароматического али дегида для синтеза деактиватора в известной мере ограничен.

фор амина для синтеза шиффового основания, обладающего хорошими вирующими свойствами, менее ограничен, и в патентной литературе

эжены для этой цели амины различного строения (3).

исследовали зависимость деактивирующих свойств соединений типа рвых оснований от строения ароматического амина, участвовавшего тезе. Исследовались шиффовы основания, полученные при взаимодейв салицилового альдегида с простейшим ароматическим амином —

чном и с производными анилидиаминами и оксианилинами, торых вторая аминная или оксиы находятся в различных полоях по отношению к аминной .0.

нтезированы следующие соеди- 1) салицилиденанилин; 2) сапиден-орто-оксианилин (салицилорто-аминофенол); 3) салицилмета-оксианилин (салицилиденаминофенол); 4) салицилиденоксианилин (салицилиден-параофенол); 5) дисалицилиден-ортолендиамин; 6) дисалицилиден--фенилендиамин; 7) дисалицил--пара-фенилендиамин.

интез указанных соединений, в вном, осуществлялся по следуюметодике (4). Отвешенное коливо ароматического амина раствоось в 30%-ной уксусной кислоте нагревании (60—70°). После полрастворения амина в раствор влялось двойное (по сравнению сусной кислотой) количество во-

Таблица 2

Сравнительная эффективность салицилиденаминофенолов в зависимости от расположения окси-группы (окисление при 110° в течение 2 час.)

Образцы	Погло- щен. кисло- род, мл	Содерж. фактич. смол после окисл., мг/100 мл
Исходный бензин	0,5	10
Бензин в присутствии меди	22,3	66
Бензин в присутствии меди и салицилиденанилина Бензин в присутствии	20,1	60-
меди и салицил- иден-орто-оксиани- лина Бензин в присутствии	1,7	15.
меди и салицил- иден-мета-оксиани- лина Бензин в присутствии меди и салицил-	18,1	43.
иден-пара-оксиани- лина	5,9	40

В полученный раствор добавлялся щиловый альдегид в равномолекулярном количестве к взятому амину. кция проходила быстро, и после 5—10-минутного энергичного перемеания выпадал осадок салицилидена, окраска раствора устанавливалась гоянной, что свидетельствовало о завершении реакции, протекающей уравнению

орто-аминосалициловый альдегид

салицилиден-орто-аминофенол

Осадок салицилидена отфильтровывался на бюхнеровской воронке и екристаллизовывался из спирта или ацетона в виде блестящих игл или гочков (см. табл. 1).

Синтезированные соединения вводились в бензин или непосредственно, в каком-либо растворителе. Деактивирующие свойства соединений внивались в концентрации 10 мг на 100 мл бензина. Сравнение провоось при окислении бензина в присутствии медных пластинок в замкнутом. де (5), с последующим замером количества кислорода, поглощенного вином при окислении, и анализом окисленного топлива.

Проведенное исследование сравнительной эффективности салиции иденов, полученных из аминофенолов различного строения (табл. 2), показало, что эффективность деактиваторов металла из класса шиффовых оснований зависит от строения ароматического амина.

Эффективность деактиватора возрастает при введении в амин оксигруппы и зависит от взаимного расположения окси- и аминной группы, уве

личиваясь от мета- к пара- и орто-положению.

Салицилиден-окси-анилины дают с медью комплексы, повидимому следующего строения:

Комплексное соединение меди с салицилиден-орто-оксианилином

Комплексное соединение меди с салицилиден-пара-оксианилином

Очевидно, присутствие окси-группы в орто-положении создает благо приятные условия для образования азотом более прочной координационно связи.

Таблица 3

Сравнительная эффективность дисалицилиденфенилендиаминов в зависимости от расположения аминных групп в исходном диамине (окисление при 110° в течение 2 час.)

Наименование образцов	Погло- щен. кисло- род; мл.	Содерж. фактич. смол после окисл. мг/100 мл	Наименование образцов	Погло- щен. кисло- род., мл.	Содерж фактич. смол пос окисл. мг/100 м
Исходный бензин Бензин в присутствии меди Бензин в присутствии меди и салицилиденанилина Бензин в присутствии меди и дисалицилиден-орто-фенилендимина	0,5 22,3 20,1	10 66 60	Бензин в присутствии меди и дисалицилиденметафенилендиамина Бензин в присутствии меди и дисалицилиденпарафенилендиамина	23,1	46

Аналогичная зависимость деактивирующих свойств соединений тиг шиффовых оснований от расположения аминных групп найдена в ряд дисалицилиденфенилендиаминов (табл. 3). И здесь орто-расположени

истителей положительно сказалось на деактивирующей способности по-

нного соединения.

аким образом, эффективные деактиваторы металлов из класса шиффовых грваний могут быть найдены среди соединений, полученных с участием глатического амина, имеющего в орто-положении к аминной группе группе

Поступило 31 III 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

F. B. Downing, R. G. Clarkson, C. J. Pedersen, Oil and Gas J., № 11, 97 (1939). ² C. J. Pedersen Ind. and Eng. Chem., 41, No. 5, 924 (1949). W. Watson, T. B. Tom, Ind. and Eng. Chem., 41, No. 5, 918 (1949). ⁴ E. Haegele, 25, 2753 (1892). ⁵ A. A. Гуреев, З. А. Саблина, Новости нефтяной тики, Нефтепереработка, № 5, 3 (1954).

Академик А. Н. НЕСМЕЯНОВ, Л. И. ЗАХАРКИН и Р. Х. ФРЕЙДЛИНА

КОНДЕНСАЦИЯ γ, γ, γ -ТРИХЛОРКРОТОНОВОЙ, γ, γ -ДИХЛОРКРОТОНОВОЙ И γ -БРОМКРОТОНОВОЙ КИСЛОТ С БЕНЗОЛОМ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИСТОГО АЛЮМИНИЯ

Конденсация бензола с соединениями типа $RR_1C = CH - CCl_3$, где R и $R_1 = H$, алкил или фенил, в присутствии хлористого алюминия сопровождается аллильной изомеризацией и приводит к соединениям $C_6H_5CRR_1CH = CCl_2$ ($^{1-3}$). Направление этой реакции трудно было предсказать в случае γ,γ,γ -трихлоркротоновой кислоты $CCl_3CH = CH - COOH$, в которой находятся две ориентирующие группы CCl_3 и COOH, и двойная связь может находиться как в сопряжении с карбоксильной группой, так

и в сопряжении с трихлорметильной группой.

Недавно было сообщено (4), что при конденсации нитрила γ , γ , γ -трихлоркротоновой кислоты с бензолом в присутствии хлористого алюминия получен нитрил β -фенил- γ , γ -дихлорвинилуксусной кислоты $CCl_2=C(C_6H_5)CH_2CN$, образование которого объяснено дегидрохлорированием под действием хлористого алюминия промежуточно получающегося $CCl_3CH(C_6H_5)CH_2CN$. Приведенное в указанной работе доказательство строения $CCl_2=C(C_6H_5)CH_2CN$ путем щелочного гидролиза его в фенилянтарную кислоту не позволяет определить положение фенильной группы по отношению к CN-группе.

В настоящей работе мы изучили конденсацию γ, γ, γ -трихлоркротоновой кислоты с бензолом в присутствии хлористого алюминия и нашли, что конденсация протекает с образованием α -фенил- γ, γ -дихлорвинилуксусной кислоты по схеме

$$CCl_3CH = CH - COOH + C_6H_6 \xrightarrow{A1Cl_8} CCl_2 = CH - CH - COOH$$

Таким образом, в этой реакции проявляет себя сопряжение двойной связи с CCl_3 -группой, а не с карбоксильной группой. Кротоновая кислота конденсируется с бензолом в присутствии хлористого алюминия с образованием β -фенилмасляной кислоты (5):

$$CH_8CH = CH - COOH + C_6H_6 \xrightarrow{AICI_3} CH_8CH - CH_2 - COOH$$

$$CH_8CH = CH - COOH + C_6H_6 \xrightarrow{AICI_3} CH_8CH - CH_2 - COOH$$

Строение α -фенил- γ , γ -дихлорвинилуксусной кислоты доказано превращением ее в известную α -фенилмасляную кислоту при гидрировании в щелочной среде. Положение двойной связи в полученной кислоте следует из того факта, что эта кислота устойчива к гидролизу в слабо кислой или нейтральной средах, тогда как, например, $C_6H_5CH=CH-CHCl_2$ легко гидролизуется водой в коричный альдегид (6). При действии триэтиламина на α -фенил- γ , γ -дихлорвинилуксусную кислоту в условиях, при которых 114

провинилуксусная кислота (7) изомеризуется в γ, γ -дихлоркротоновую плоту, образуется продукт реакции, цающий при обработке водой коричальноги. Это превращение подтверждает строение α -фенил- γ, γ -дирвинилуксусной кислоты и может быть представлено следующим облом:

$$\begin{aligned} \text{CCl}_2 &= \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \xrightarrow{(\text{C}_2\text{H}_5)_5\text{N}} \\ & \xrightarrow{\text{C}_6\text{H}_5} \end{aligned}$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} \text{CHCl}_2 - \text{CH} = \text{C} - \text{COOH} \\ & \xrightarrow{\text{C}_6\text{H}_5} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{OCH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{C}_6\text{H}_5.$$

Возможность протекания конденсации через предварительную изометацию γ,γ,γ -трихлоркротоновой кислоты под влиянием хлористого алютия в α,γ,γ -трихлорвинилуксусную кислоту исключается, так как γ -трихлоркротоновая кислота в растворе сероуглерода или хлороформа вызменяется под действием хлористого алюминия.

"Для сравнения с γ , γ , γ -трихлоркротоновой кислотой была исследована иденсация с бензолом в присутствии хлористого алюминия γ , γ -дихлор-тоновой кислоты и γ -бромкротоновой кислоты. γ , γ -Дихлоркротоновая

лота конденсируется с бензолом по схеме:

$$HCCl_2CH = CH - COOH + C_6H_6 \xrightarrow{AlCl_8} (C_6H_5)_2CH - CH = CH - COOH.$$

Строение γ, γ -дифенилкротоновой кислоты доказывалось превращением под действием щелочи в известную γ, γ -дифенилвинилуксусную кислоту экислением перманганатом калия в дифенилуксусную кислоту. γ -Бромотоновая кислота легко конденсируется с бензолом с образованием ренилкротоновой кислоты.

Экспериментальная часть

1. Конденсация γ, γ, γ -трихлоркротоновой кисты с бензолом. Краствору 20 г γ, γ, γ -трихлоркротоновой кисты в 80 мл бензола при перемешивании постепенно добавили 18 г хлориого алюминия. Температура реакционной массы повысилась при этом 35°. Смесь перемешивали 2 часа при 35—45°, охладили и разложили развленной соляной кислотой. Бензольный слой экстрагировали разбавленм раствором едкого натра. Полученный щелочной раствор подкислили при кислотой, выделившееся масло экстрагировали хлороформом. Ороформенный экстракт сушили над хлористым кальцием. При перегонв вакууме получили 18,1 г α -фенил- γ, γ -дихлорвинилуксусной кислоты кип. 145—146° при 1,5 мм рт. ст., т. пл. 87—88° (из бензола + петройный эфир).

Найдено %: С 52,25; 52,46; Н 3,65; 3,46 $C_{10}H_8Cl_2O_2$. Вычислено %: С 52,15; Н 3,46

Раствор 2 г α -фенил- γ , γ , -дихлорвинилуксусной кислоты и 2 г едкого ра в 70 мл воды гидрировали над 0, 1 г 5%-ного $Pd/BaSO_4$ в течение часа. Получили 1, 2 г кислоты, не содержащей хлора, которую нагрели с л тионилхлорида в течение 2 час. Избыток тионилхлорида отогнали в ууме, оставшийся хлорангидрид растворили в сухом эфире. Эфирный твор насытили сухим аммиаком. Получили амид α -фенилмасляной кисыс т. пл. 84— 85° (из бензола). Литературные данные (8) т. пл. 84— 85° . дает депрессии температуры плавления смешанной пробы с известным азцом амида α -фенилмасляной кислоты.

4,6 г α-фенил-γ, γ-дихлорвинилуксусной кислоты и 5 г триэтиламина рели при 40—50° в течение 3 час. Смесь вылили в разбавленную соляную лоту и оставили стоять в течение 2 час., затем экстрагировали эфиром.

Эфирный раствор отфильтровывали от смол и сушили над сернокислым натрием. При перегонке в вакууме получили 0,9 г коричного альдегида, а из него — 2,4-динитрофецилгидразон с т. пл. 250—251° (из ледяной уксусной кислоты). Не дает депрессии температуры плавления смешанной пробы с известным образцом 2,4-динитрофенилгидразона коричного альдегида.

2. Конденсация γ, γ -дихлоркротоновой кислоты с бензолом. К раствору 15,5 г γ, γ -дихлоркротоновой кислоты в 60 мл бензола прибавили постепенно 15 г хлористого алюминия. Раствор перемешивали при 40° в течение 1 часа, охладили и разложили разбавленной соляной кислотой. Бензольный раствор экстрагировали разбавленным раствором едкого натра. При подкислении щелочного раствора выпал кристаллический осадок, который собрали на фильтре, промыли водой и высушили. Получили 18,8 г γ, γ -дифенилкротоновой кислоты* с т. пл. 135—136° (из бензола + петролейный эфир). Т. кип. 185—186° при 2 мм.

Найдено %: С 80,96; 181,01; 181

При нагревании раствора 4 г γ, γ -дифенилкротоновой кислоты и 6 г едкого кали в смеси 15 мл воды и 5 мл метилового спирта в течение 3 час. и последующем подкислении соляной кислотой получили γ, γ -дифенилвинилуксусную кислоту с т. пл. 115—116° (из бензола + петролейный эфир). Литературные данные (9) т. пл. 114—115°. При окислении 2 г γ, γ -дифенилкротоновой кислоты раствором 4,9 г перманганата калия и 2 г едкого кали в 100 мл воды получили дифенилуксусную кислоту с т. пл. 145—146° (из воды). Литературные данные (11); т. пл. 146°.

При гидрировании 2 г γ,γ -дифенилкротоновой кислоты в спиртовом растворе над 0.1 г 5%-ного $Pd/BaSO_4$ получили 2 г γ,γ -дифенилмасляной кислоты с т. пл. $106-107^\circ$ (из водного спирта). По литературным данным

(12) т. пл. 107°.

3. Конденсация γ -бромкротоновой кислоты в 50 мл бензола прибавили при перемешивании 15 г хлористого алюминия. Раствор перемешивали до прекращения выделения галоидоводорода, затем разложили водой и обработали как в случае γ, γ, γ -трихлоркротоновой кислоты. При перегонке в вакууме получили 10,2 г γ -фенилкротоновой кислоты с т. кип. 137—138° при 2 мм, т. пл. 64—65° (из бензола + петролейный эфир). Литературные данные (13) т. пл. 65°. Не дает депрессии температуры плавления смешанной пробы с известным образцом γ -фенилкротоновой кислоты.

Институт элементоорганических соединений Академии наук СССР Поступило 19 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Н. Несмеянов, Р. Х. Фрейдлина, В. И. Фирстов, ДАН, 78 717 (1951). ² А. Н. Несмеянов, Р. Х. Фрейдлина, Л. И. Захаркин А. Б. Белявский, ЖОХ, 26, 1070 (1956). ³ А. Н. Несмеянов, Р. Х. Фрейдлина, Л. И. Эахаркин Лина, Н. А. Семенов, Изв. АН СССР, ОХН, 1955, 993. ⁴ А. Д. Гребенюк И. П. Цукерваник, ЖОХ, 25, 286 (1955). ⁵ J. F. Еіјк тап, Сhem. Week blad, 1, 421 (1904); Chem. Zbl., 1, 1416 (1904). ⁶ E. Charon, E. Dugoujon C. R., 136, 94 (1903). ⁷ А. Н. Несмеянов, Л. И. Захаркин, В. Н. Қост Р. Х. Фрейдлина, Изв. АН СССР, ОХН, 1954, 604. ⁸ М-те Ramart-Lucas М-11е А тадат. С. R., 184, 32 (1927). ⁹ W. Borsche, Chem. Ann., 526, 1 (1936) ¹⁰ R. R. Burtner, J. W. Cosic, J. Am. Chem. Soc., 65, 262 (1934). ¹¹ J. U. Nef Chem. Ann., 298, 242 (1897). ¹² J. F. Eijk man, Chem. Weekblad, 5, 655 (1908); Chem Zbl., 2, 1100 (1908). ¹³ R. Fittig, A. Luib, Chem. Ann., 283, 302 (1894).

^{*} В работе (10) сообщается о получении γ , γ -дифенилкротоновой кислоты с т. пл. 115—116° при конденсации дифенилуксусного альдегида с малоновой кислотой. Это ошибка так как в действительности образуется γ , γ -дифенилвинилуксусная кислота.

ХИМИЯ

Я. М. ПАУШКИН и Л. В. ОСИПОВА

СИНТЕЗ АЦЕТОНИТРИЛА ИЗ ПЕНТАНА И АММИАКА

(Представлено академиком А. В. Топчиевым 11 V 1956)

Ацетонитрил находит разнообразное применение в химической техогии. Он представляет собой жидкость с т. кип. $81,5^{\circ}$, т. пл. -41° , 7828 и n_D^{20} 1,3442. Благодаря своей высокой диэлектрической постоянравной 35,8, он является прекрасным растворителем для многих ветв.

Ацетонитрил применяется в качестве промежуточного продукта для полуия пластификаторов, витамина B_1 , диэтил- и триэтиламинов, инсектиов, а также может быть использован в ряде реакций вместо уксусного идрида и хлористого апетила; из него в промышленности получается усная кислота и ацетамид. Ацетонитрил может применяться в качестве ворителя для многих веществ и компонента для азеотропной перегонки. Ацетонитрил получается по реакциям:

1) уксусной кислоты с аммиаком:

$$CH_3COOH + NH_3 \rightarrow CH_3CN + 2H_2O;$$

2) хлористого метила с цианидами щелочных металлов:

$$CH_3C1 + KCN \rightarrow CH_3CN + KC1;$$

3) метанола с цианистым водородом:

$$CH_3OH + HCN \rightarrow CH_3CN + H_2O;$$

1) ненасыщенных соединений с аммиаком:

$$\begin{split} & \text{C}_2\text{H}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CN} + 2\text{H}_2; \\ & \text{C}_2\text{H}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CN} + \text{H}_2. \end{split}$$

Аммиак реагирует с ацетиленом при 300—350° в присутствии катализаов дегидратации, окиси алюминия или силикагеля.

В последнее время появилось несколько работ, в основном патентного актера (1,2), посвященных изучению взаимодействия олефинов с амком. В одной группе патентов катализаторами являются Со и Ni на тичных носителях и с различными добавками. Реакция ведется при ышенном давлении, и получается смесь аминов и нитрилов, состав коми не изучен. Во второй группе патентов описываются катализаторы основе окислов молибдена, хрома, ванадия и вольфрама. Реакция г при атмосферном давлении, и основным продуктом является ацето-

рил. Три реакции этилена с аммиаком в качестве катализатора может прияться и сульфат цинка на силикагеле. При 450° получается ацетони-

и (°). В последние годы появилось несколько работ А. Ф. Платэ и М. Е. Вольа (⁴⁻⁶) по синтезу ацетонитрила из олефинов и аммиака. В качестве катализаторов применяются окислы металлов, отложенные на окиси алю миния. В случае этилена выход ацетонитрила составляет (в молярных про центах на олефин) 16,7, пропилена 33,5 и амилена 41,6. Механизм этог реакции, подтвержденный экспериментально, по мнению А. Ф. Платэ в М. Е. Вольпина, состоит в присоединении аммиака по месту двойной связи согласно правилу Марковникова, с образованием амина, который далег дегидрогенизуется в нитрил.

Имеются два кратких патентных сообщения (7), что ацетонитрил може получаться при взаимодействии аммиака с парафиновыми углеводородами

однако никаких научных работ по этому вопросу не опубликовано.

Авторы настоящего сообщения изучили реакцию прямого синтеза аце тонитрила из *н*-пентана и аммиака при атмосферном давлении и температур 450—600° над промышленным алюмомолибденовым катализатором (10% окиси молибдена и 90% окиси алюминия). Реакция протекает с деструк цией пентана, однако механизм реакции еще недостаточно полно изучен Так, можно предположить, что реакция протекает по следующим уравнениям:

$$C_5H_{12} + NH_3 \rightarrow CH_3CN + 3CH_4,$$

 $C_5H_{12} + 2NH_3 \rightarrow 2CH_3CN + CH_4 + 4H_2 + C.$

Основным продуктом реакции является ацетонитрил; доказано также наличие незначительного количества пропионитрила. В условиях опыта протекают и побочные реакции: распад аммиака на элементы и крекин образовавшегося ацетонитрила. Наблюдалось образование значительных количеств цианистого аммония и отложение кокса на катализаторе.

Исходный n-пентан кипел в пределах $32-36^{\circ}$ и имел d_4^{20} 0,63 и n_D^{20} 1,3605. Аммиак подавался из баллона. В опытах варьировались мо-

лярные соотношения реагентов, объемная скорость и температура.

Реакция проводилась в реакционной трубке с 200 мл катализатора, помещенной в каталитическую печь, температура которой устанавливалась при помощи терморегулятора и измерялась термопарой. Аммиак через реометр поступал в обогреваемый смеситель, куда по каплям из бюретки Баландина поступал пентан и где происходило его испарение и смешение с аммиаком. Полученная в нужном соотношении газовая смесь поступала в нагретый реактор с катализатором. Катализат конденсировался сначала в холодильнике, охлаждаемом проточной водой, и затем в трех ловушках с температурами —25 и —60°.

Катализат нагревался в течение 30 мин. на водяной бане с обратным холодильником для удаления аммиака и цианистого аммония. Нижний

Таблица 1

CH ₂ CN	Т. кип. в °С	d_4^{20}	n_D^{20}	Mon.	Т. пл. ацетил-		нтарный ав, %
	и дав- ление в мм		вес		вес флоро- глюцина, в °С		Н
Синтезированный Лит. данные (⁸)	80—81 (737) 81,6 (760)	0,7822			217—218 218,5	58,76 58,52	·

слой отделялся от углеводородного (ацетонитрил мало растворим пентане) и разгонялся из колбы Фаворского. Собирались фракции 72—79 и 79—98°. Фракция 72—79°, представляющая азеотроп ацетонитрила водой, высушивалась твердым едким кали и разгонялась над P_2O_5 .

Наряду с определением констант, для идентификации ацетонитрила был тучен ацетилфлороглюцин—продукт конденсации ацетонитрила с флорорцином, температура плавления которого является характерной велиной для нитрилов. Физико-химические константы и элементарный состав

тв табл. 1.

Содержание азота состав-10 в среднем 33,6%, что изъко к теоретическому (1,1%).

Г Таким образом, приведенје данные, а также ряд каственных реакций доказыот, что полученное вещево является ацетонитрилом. Из объединенных фракций -98° в результате нескольи перегонок была выделена акция 72—79°, которая сле сушки КОН и разгонки д P_2O_5 представляла сой ацетонитрил $(n_D^{20} \ 1,3442;$ 0,7830); т. пл. ацетилфлоглюцина 217,5—218°), вес торого равен 31% от веса ракции 79—98°; 43 вес. %соавляет вода $(n_D^{20}, 1,333)$. Во акции 96-98° получением одукта конденсации с флоглюцином (т. пл. 173—175°) казано присутствие пропиитрила (т. кип. 96,5°, т. пл. одукта конденсации с флоглюцином 174—175,5°). На-

Таблица 2

Влияние условий опыта на выход ацетонитрила из μ -пентана и аммиака

	Ž	из <i>н</i> -пе	нтана и	аммиак	a	P
№ OIIBITOB	T-pa, °C	Молярное отношение С _s Н ₁₂ : NH ₃	Объеми, ско- рость п-пен- тана	Конверсия пентана в % на пропущен-	Выход СН ₃ CN в мол. % на прореагиро- вавш. пентан	Выход СN- в мол. % на взятый пентан
	Вли	яние м	лярного	отнош	ения	
52 51 53 43	510 510 510 510	1:0,5 1:1 1:2 1:4	$\begin{bmatrix} 0,15 \\ 0,15 \\ 0,15 \\ 0,15 \\ 0,15 \end{bmatrix}$	51,2 53,0 47,5 28,0	16,3 27,0 39,4 28,4	1,0 0,4 1,5 3,6
		Влиян	ие темп	ературы		
41 39 37 53 55 54 38	485 500 510 515 520	1:2 1:2 1:2 1:2 1:2 1:2	0,3 0,3 0,3 0,45 0,45 0,45 0,3	87,0 45,0 58,0 47,5 45,5 55,0 23,1	следы 19,0 9,6 39,4 39,7 43,8 5,3	0,53 1,37 1,5 2,8 5,2 19,0
	Вл	ияние	объемно	й скоро	сти	
45	510	1:4	0,075	15,4	26,6	6,7

45 53		$\begin{vmatrix} 1 : 4 \\ 1 : 2 \end{vmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,075 \\ 0,15 \end{bmatrix}$	15,4 47,5	26,6 39,4	6,7
33		1:2	0,30	60,0	21,0	
44	510	1:2	0,45	65	8,9	1,0

чие пропионитрила доказано также качественной реакцией с FeCl₃. В табл. 2 приводятся результаты опытов по синтезу ацетонитрила при зличных условиях. Как видно из таблицы, максимальный выход ацето-

Таблица 3*

W OHELTOB	C_nH_{2n}	02	00	H ₂	C _n H _{2n+2}	Z
5345	1,3	0,4	2,7 14,2 2,8 10,2	72,6 68,0 80,6 72,1	12,7 8,2 10,5 8,2	10,7 8,2 6,1 9,5

^{*} Состав дан в объемных процентах.

нитрила 43.8% достигается при 520° , объемной скорости пропускания n-пентана 0.15 л на 1 л катализатора в час и молярном отношении пентана к аммиаку 1:2.

Анализ освобожденных от аммиака отходящих газов производился на приборе ВТИ. Было установлено присутствие небольшого количества непредельных углеводородов и кислорода, окиси углерода, водорода, предельных углеводородов и азота. Со-

ожание отдельных компонентов газа колеблется в довольно незначительх пределах. В табл. 3 дан состав газа для некоторых опытов.

Наличие в газах азота указывает, что одновременно с образованием аценитрила идет разложение аммиака до N_2 и H_2 . В отдельных опытах разкение аммиака на водород и азот составляет до 25% от взятого еакцию.

Таким образом, при взаимодействии μ -пентана с аммиаком над алюмомолибденовым катализатором в качестве основного продукта получается ацетонитрил с выходом 43,8%.

Институт нефти Академии наук СССР Поступило 10 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ W. I. Denton, R. B. Bishop, Ind. and Eng. Chem., **45**, 282 (1953). ² A. C. Stevenson, Ind. and Eng. Chem., **41**, 1923 (1949); **42**, 1664 (1950). ³ P. Ф. Гольдштейн, Химическая переработка нефти, 1952, стр. 186. ⁴ A. Ф. Платэ, М. Е. Вольпин, ДАН, **89**, 317 (1953). ⁵ A. Ф. Платэ, М. Е. Вольпин, ДАН, **89**, 491 (1953). ⁶ A. Ф. Платэ, М. Е. Вольпин, Изв. АН АзербССР, № **2**, 55 (1954). ⁷ W. I. Denton, R. B. Bishop, Am. Pat. 2450638, 2450641 (1948); Chem. Abstr., **43**, 3439 (1949). ⁸ F. K. Beilstein, Handb. d. org. Chem., IV. Aufl., **2**, (1920), 83.

ХИМИЯ

емик А. В. ТОПЧИЕВ, Б. А. КРЕНЦЕЛЬ, Н. Ф. БОГОМОЛОВА и Ю. Я. ГОЛЬДФАРБ

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ИЗОБУТИЛЕНА В ПРИСУТСТВИИ ТРИЭТИЛАЛЮМИНИЯ И ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО ТИТАНА

Полимеризации изобутилена посвящен ряд экспериментальных работ, щенных в вышедших в последние годы монографиях (1-2). Однако в этих этах не описана полимеризация изобутилена в присутствии плоорганических катализаторов, в частности комплекса триэтилалюня с четыреххлористым титаном. Этот катализатор, открытый и изучен-Циглером с сотр. (3-4), имеет не только большое теоретическое, но и ктическое значение, так как с его помощью удалось осуществить поли-

при атмосферном давлении актически количественным зращением этилена в тоный продукт.

З одной из своих работ лер (³) указывал, что, в отие от хлористого алюми-, чистый триэтилалюминий вызывает полимеризации

бутилена. В табл. 1 приве-

Таблица 1

Углеводород		Катализатор)	
Углеводород	AIC1 _s	AiC12C2H6	A1(C2H5)2C1	A1(C2H5)8
Этилен Изобутилен	++++	++++	+	+++

ы сравнительные данные о исследователя по полимеризующему действию хлористого алюмии алкилалюминиевых катализаторов (интенсивность каталитического отвия обозначена числом знаков плюс) (3).

Указаний относительно действия катализатора, состоящего из триэтилминия и четыреххлористого титана, на реакцию полимеризации изомлена в опубликованных работах не имеется. В связи с этим представось интересным изучить возможность полимеризации изобутилена в тичных условиях, используя в качестве катализатора триэтилалюминий нетыреххлористый титан.

Экспериментальная часть

Исходный изобутилен первоначально получали дегидратацией изобурвого спирта над активной окисью алюминия, а затем был использован бутилен, содержащий 98,4% изо-С₄Н₈. Триэтилалюминий Al(С₂Н₅) в учали из металлического алюминия (99,99% Al) и технического бромио этила. Синтез осуществлялся последовательным проведением двух кций — образования смеси моноэтилдибромида алюминия с диэтилобромидом алюминия и симметризации смешанного продукта с помощью пьсии металлического натрия в определенной фракции очищенного кетина:

$$\begin{aligned} &1. \ 2A1 + 3C_2H_5Br \rightarrow \ A1 \ (C_2II_5)_2Br + A1 \ (C_2H_5) \ Br_2 \\ &2. \ A1 \ (C_2H_5)_2Br + A1 \ (C_2H_5) \ Br_2 + 3Na \rightarrow 3NaBr + A1 \ (C_2H_5)_3 + A1. \end{aligned}$$

Симметризованный продукт затем перегонялся под вакуумом (2—3 мм рт. ст. остаточного давления) при температуре 110—135°. Готовый продукт представлял собой 15—18%-й раствор триэтилалюминия в керосине, разлагающийся и сильно дымящий на воздухе. Раствор триэтилалюминия хранился в атмосфере азота.

Триэтилалюминий разлагается в присутствии даже небольших количеств кислорода, влаги или углекислого газа, поэтому все операции с ним производились в токе очищенного азота; исходный же изобутилен также высушивался и освобождался от возможного присутствия в нем кислорода (в

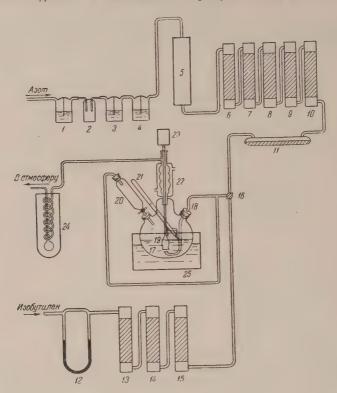


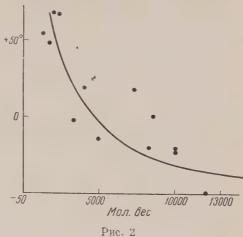
Рис. 1. I — раствор пирогаллола; 2 — пустая склянка; 3 и 4 — серная кислота; 5 — печь с медными стружками; 6 — едкий натр; 7 и 8 — хлористый кальций; 9 — окись алюминия; 10 — активированный уголь; 11 — фосфорный ангидрид; 12 — реометр; 13 и 14 — хлористый кальций; 15 — окись алюминия; 16 — трехходовый кран; 17 — четырехгорлая колба; 18 — барбатер; 19 — мешалка; 20 — капельная воронка; 21 — термометр; 22 — холодильник; 23 — мотор; 24 — ловушка в дьюаре с сухим льдом; 25 — баня с керосином

свободном или связанном виде). Метод и условия очистки азота и изобутилена применялись такие же, какими обычно пользуются при работах с металлоорганическими соединениями. Четыреххлористый титан использовался продажный. Полимеризация изобутилена проводилась в растворителе изооктане. Во всех опытах молярное отношение между триэтилалюминием и четыреххлористым титаном составляло 1:2. Количество катализатора бралось из расчета содержания в растворителе 1 вес. % триэтилалюминия.

Схема лабораторной установки, на которой проводились опыты полимеризации изобутилена, представлена на рис. 1. Как видно из этого рисунка, установка состояла из следующих основных частей: системы очистки изобутилена, системы очистки азота, реакционного сосуда и нескольких лобутилена.

лек. Реакционный сосуд, представляющий собой четырехгорлую колбу, эбженную мешалкой, барботером, обратным холодильником и термометром,

мещался в баню-термостат для цдержания заданных темперапных условий реакции. В реакі нный сосуд заранее заливали обходимое количество раство-(изооктана), а затем, еля гле возможно полного удалеи из установки воздуха и произки ее очищенным азотом, при ✓ бом токе изобутилена в колбу. осили рассчитанное количесттриэтилалюминия и затем череххлористого титана. После бавления обоих соединений створитель резко изменял раску (с бесцветной на коричво-желтую), что объясняется, всей вероятности, образовани-



комплекса триэтилалюминия с четыреххлористым титаном. Аналогич-🤈 явление мы наблюдаем при реакции полимеризации этилена в полиэтен. Однако природа этого комплекса пока остатся не выясненной.

Таблица 2

TOB	Т-ра опы- та в °С	Пропуще- но изобу- тилена, в г	Получено полимера, в г	Конверс, изобути- лена	Продол- жит. опы- та в час.
7	+75	114	33	33,4	3
1	+ 8	226	73	32,3	2 ¹ / ₂
1	-25	98	82	83,7	3

После загрузки $Al(C_2H_5)_3$ и $TiCl_4$ и образования комплекса через его раствор в изооктане непрерывно барботировался изобутилен с желаемой скоростью; реакция полимеризации продолжалась 3 часа. Температура фиксировалась каждые 5 мин. и поддерживалась с точностью +2°.

По окончании опыта в реакционную массу добавляли метиловый спирт для разложения остатков ката-

затора. Затем раствор переносился в делительную воронку, где промыпся 10%-м раствором соды и потом водой. После проведения этих опера-

й и сушки продуктов реаки над прокаленным CaCl₂ быток изооктана отгонялся. лное удаление его из проктов полимеризации достипось при нагреве до 170° закууме (остаточное давлее 2—3 мм рт. ст.). Получене таким образом полимериы представляли собой в засимости от температурных товий опыта бесцветные или егка желтые продукты разион консистенции — от внительнолегкоподвижных

Таблица 3

№№ ОПЫТОВ	На- веска в г	CO ₂ ,	H ₂ O,	C, %	H, %	Мол.
21	2,837 3,750	8,905 11,770	3,160 4,805		14,44) 14,34}	7300:
22	2,670 2,940 2,566	8,380 9,235 8,045	3,420 3,760 3,280	85,65 85,72 85,56	14,33 14,31 14,30	8400
23	2,862 2,420 2,507	8,938 7,560 7,815	3,770 3,177 3,340	85,23 85,25 85,07	14,74 $14,69$ $14,90$	10120

дкостей до каучукообразных продуктов. Молекулярный вес полученх полимеров определялся по методу Штаудингера (в растворе н-гепıа при 20°).

Выход полимеров в отдельных опытах составлял до 95% на прореагизавший изобутилен, а степень превращения изобутилена в высокомолепярные продукты на пропущенный за опыт углеводород достигала $\sim\!80\,\%$. табл. 2 приведены результаты нескольких характерных опытов.

Элементарный анализ полимеров с различным молекулярным весом ха-

рактеризуется данными табл. 3.

Существенный интерес представляет влияние температуры на молекулярный вес полученных полимеров, для изучения которого была поставлена специальная серия опытов; результаты представлены на рис. 2. При относительно высоких температурах полимеризации наряду с высокомолекулярными продуктами образовались низкомолекулярные соединения, представляющие собой преимущественно димеры и тримеры. Как уже было указано выше, Циглер сообщил (³), что в присутствии чистого $H(C_2H_5)_3$ изобутилен не полимеризуется. Нами было показано, что достаточно очень небольшой добавки $TiCl_4$ к $Al(C_2H_5)_3$, чтобы полимеризация проходила. Так например с катализатором, содержащим 16 мол. частей $Al(C_2H_5)_3$ и 1 мол. часть $TiCl_4$, образовывался полиизобутилен с мол. весом 5000—6000 (температура опыта 0°).

М. Г. Руденко (⁵), изучая полимеризацию изобутилена в присутствии хлористого алюминия при температуре —78°, установила, что получаемый

высокомолекулярный полиизобутилен имеет строение

Такое строение было подтверждено выделением 2,4,4-триметилпентена-1 из продуктов деполимеризации полиизобутилена при 400° в присутствии

флоридина.

Исходя из высказываемых предположений о механизме полимеризации непредельных углеводородов с катализаторами, содержащими триэтилалюминий и четыреххлористый титан, можно ожидать, что полученный нами продукт имеет менее разветвленную структуру:

Это предположение отчасти подтверждается вязкостными свойствами полученного полиизобутилена, но, однако, нуждается в дальнейшем экспериментальном исследовании и подтверждении.

Институт нефти Академии наук СССР Поступило 25 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. В. Коршак, Химия высокомолекулярных соединений, Изд. АН СССР, М., 1950. ² Я. М. Паушкин, Каталитическая полимеризация олефинов в моторное топливо, Изд. АН СССР, М., 1955. ³ К. Ziegler, Brennst. Chem., **33**, 193 (1952). ⁴ К. Ziegler, Angew. Chem., **63**, 323 (1952). ⁵ М. Г. Руденко, Диссертация, М., 1951.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. Б. КАЗАНСКИЙ и В. В. ВОЕВОДСКИЙ

О ДВУХ МЕХАНИЗМАХ ГИДРИРОВАНИЯ И ОБМЕНА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭТИЛЕНА С ДЕЙТЕРИЕМ НА ПАЛЛАДИЕВОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 16 V 1956)

Ззаимодействие этилена с дейтерием подробно исследовалось в ряде эт, главным образом, над никелевым катализатором (¹⁻⁴). Новые пути чения этой модельной реакции наметились после того, как для анализа герированных продуктов была применена масс-спектрометрическая меика, при помощи которой оказалось возможным получить кинетические вые для каждого из дейтерированных этанов и этиленов (5). При этом, ако, был открыт ряд новых фактов. Так, Туркевич, Шисслер и Ирза (5), ледуя взаимодействие 1 объема этилена с 2 объемами дейтерия над никеой проволокой при 90°, установили, что реакция обмена происходит трее реакции присоединения и что при этом образуются этилены, сожащие до 4 атомов дейтерия в молекуле. Было установлено также, что азующиеся при этой реакции этаны содержат от нуля до 6 атомов дейия в молекуле, причем их относительные количества изменяются по ходу кции. Авторы считают, что полученные ими результаты свидетельствуют ом, что гидрирование происходит путем диспропорционирования этильк радикалов на поверхности катализатора по схеме

$$C_2H_{5apc} + C_2H_{5apc} \rightarrow C_2H_4 + C_2H_6.$$
 (I)

С другой стороны, в литературе была высказана мысль о том, что изкенные выше результаты могут быть объяснены с точки зрения ассоциарного механизма (6,7).

Совершенно иная картина течения реакции была получена в работе Вилька, Отвоса и др. (8), изучавших взаимодействие 1 ммоля этилена с 10 ммоми дейтерия над промышленным катализатором никель на кизельгуре при
пературах ниже 50°. В этих условиях не было обнаружено обмена в этиках. Было установлено, что по ходу реакции соотношение различных дейоэтанов остается постоянным и соответствует вероятностному распрепению для данного среднего дейтеросодержания. Для объяснения полупых результатов авторы ввели новую реакцию перераспределения вопода между адсорбированными частицами на поверхности катализатора:

С другой стороны, в работе Кей (9) была сделана попытка объяснить блюдаемые результаты с помощью ассоциативного механизма. Других бот в этой области нет, и в настоящее время остается неясным, чем же выно столь резкое различие между результатами, полученными в цитиванных работах: различием в условиях проведения опытов (разные

температуры, давления, составы смесей), различием в катализаторах (никелевая проволока и никель на кизельгуре) или какими-либо другими факторами.

В настоящей работе было исследовано взаимодействие этилена с дейтерием над палладиевым катализатором (палладиевая пластинка) и установ-

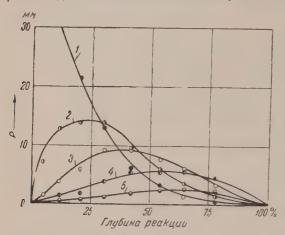


Рис. 1. Кинетические кривые накопления дейтероэтиленов при взаимодействии $55\,\mathrm{mm}$ этилена с $200\,\mathrm{mm}$ дейтерия при температуре 185° на палладиевом катализаторе. $1-\mathrm{C_2H_4};\ 2-\mathrm{C_2H_3D};\ 3-\mathrm{C_2H_2D_2};\ 4-\mathrm{C_2HD_3};\ 5-\mathrm{C_2D_4}$

лено, что эта реакция протекает по разным механизмам при высокой и низкой температурах.

Опыты проводились в циркуляционной вакуумной установке. Продукты анализировались на масс-спектрометре МС-4. Спектры дейтероэтиленов в присутствии дейтероэтанов были получены при ионизирующемнапряжении 10 в. Специальными опытами было показано, что в этих условиях ошибки, вносимые этанами в спектр этиленов, не превышают 1%. Количество каждого из дейтерированных этиленов определялось непосредственно по величине основного пика. Анализ этанов проводился после поглощения

бромом при ионизирующем напряжении 75 в. Процентное содержание отдельных дейтероэтанов в смеси рассчитывалось, исходя из предположения

равной вероятности диссоциации СН- и СD-связи. Следует отметить, однако, что полученные таким образом данные для этанов носят лишь качественный характер. Анализ водорода проводился при ионизирующем напряжении 75 в.

На рис. 1 приведены кинетические кривые дейтероэтиленов, образующихся в ходе реакции $55\,$ мм рт. ст. C_2H_4c $200\,$ мм рт. ст. дейтерия ($H:D\!\approx\!0,55$) при температуре 185° . Как видно из рисунка, максимумы кривых смещаются вправо

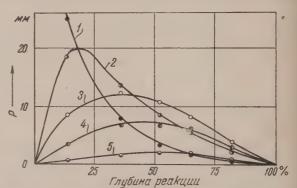


Рис. 2. Кинетические кривые накопления дейтероэтиленов при взаимодействии 65 мм этилена со 121 мм дейтерия при температуре 185° на палладиевом катализаторе. Обозначения кривых те же, что на рис. 1

по мере роста содержания дейтерия. Вид кривых приводит к выводу о том, что в рассматриваемых условиях происходит последовательное замещение водорода на дейтерий в молекуле этилена по схеме

$$C_2H_4 \rightarrow C_2H_3D \rightarrow C_2H_2D_2 \rightarrow C_2HD_3 \rightarrow C_2D_4. \tag{III}$$

Для проверки этого предположения было изучено взаимодействие 65 мм этилена со 121 мм дейтерия при той же температуре ($H:D \approx 1,1$). В этом случае равновесие смещено в сторону более легких этиленов, и полизамещенные этилены не могут образовываться по последовательным реакциям, а лишь как параллельные продукты при установлении равновесия.

кинетических кривых накопления дейтероэтиленов для этого случая с. 2) следует, что в соответствии со сделанным предположением последонельный механизм существует только для образования С₂H₃D и C₂H₂D₂. ссшие дейтероэтилены образуются по параллельным путям, причем во

рой половине течения реции, когда равновесие уже дановилось (это следует и из илиза водорода), кривые вновероятных с точки зреи содержания дейтерия проктов практически совпада- $(C_2H_4 \approx C_2D_4$ и $C_2H_3D \approx$ C₂HD₃), а их относителье количества соответствуют $_{\rm C_2H_4}:C_2H_3D:$ $_{2}$ H₂D₂ $\approx 1:4:6$). Кривые с. 2 очень близки к резульгам, полученным Туркевии и др. для никелевого капизатора. Распределение ітерированных этанов по ду реакции, полученное в стоящей работе, также очень изко к кривым, приведенм в работе Туркевича,

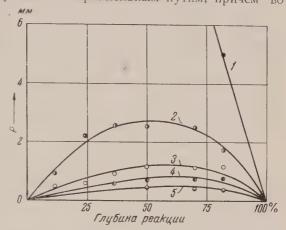


Рис. 3. Кинетические кривые накопления дейтероэтиленов при взаимодействии 50 мм этилена с 200 мм дейтерия при температуре 135° на палладиевом катализаторе. Обозначения кривых те же, что на рис. 1

ой лишь разницей, что легкий этан образовывался в значительно мень-

Реакция взаимодействия этилена с дейтерием над палладием исследована ми также и при более низких температурах. При 90° не было обнаружено

Таблица 1

спределение дейтероэтанов при реакции 50 мм этилена с 200 мм дейтерия при 135° (в мол. %)

пу- ина ак- ин %	C ₂ H ₆	C₂H₅D	C ₂ H ₄ D ₂	C ₂ H ₃ D ₃	C ₂ H ₂ D ₄	C ₂ HD ₅	C ₂ D ₆
0 0 5 7 0 0	0 0 0 0 0	0 25 25 20 24,5 26	0 50 50 49,5 46 41,5	0 12 12,5 13 14 13,5	0 8,5 8 10,5 10,5 12	0 3 5 5,5 5	0 1,5 1,5 2 1,5 2

обмена в этилене. Этаны содержали до 6 атомов дейтерия в молекуле, причем соотношение между раздейтероэтанами ЛИЧНЫМИ по ходу реакции не изменялось. Эти результаты находятся в соответствии с результатами, полученными для никеля в работе (8). При 135° наблюдался обмен этилена, однако реакция обмена была значительно медленнее реакции присоединения. Существен-

изменилась при этом и форма кинетических кривых дейтероэтиленов ис. 3). Повидимому, дейтероэтилены в этом случае образуются по паралным путям. Распределение дейтероэтанов по ходу реакции приведено габл. 1.

На основании изложенных фактов мы считаем возможным остановиться следующей схеме реакции гидрирования при взаимодействии этилена с терием на палладии при высоких температурах:

$$\begin{split} \mathbf{D}_{\text{2ra3}} &\rightleftarrows 2\mathbf{D}_{\text{agc}}, \ \mathbf{C}_{2}\mathbf{H}_{\text{4ra3}} + \mathbf{D}_{\text{agc}} &\rightarrow (\mathbf{C}_{2}\mathbf{H}_{4}\mathbf{D})_{\text{agc}}, \\ & (\mathbf{C}_{2}\mathbf{H}_{4}\mathbf{D})_{\text{agc}} + \mathbf{D}_{\text{agc}} &\rightarrow \mathbf{C}_{2}\mathbf{H}_{4}\mathbf{O}_{2}. \end{split} \tag{IV}$$

Эта схема в основном аналогична схеме, предложенной недавно в рае Дженкинса и Райдила для взаимодействия этилена с дейтерием на нине (7). Схема, предложенная Туркевичем, повидимому, не может объяснить того факта, что обмен этилена происходит быстрее реакции присоединени водорода. Правильность же схемы (IV) подтверждается видом кинетически кривых образования дейтерированных этанов, полученных как в настояще работе, так и в работе Туркевича. Действительно, согласно (IV) обмен свыш 2 атомов водорода в молекуле этана может быть получен только при наличи обменных этиленов (специальными опытами было показано, что в условия проведения наших опытов не наблюдается обмена этана с дейтерием и, сле довательно, обменные этаны могут образоваться только в ходе реакции гид рирования). В соответствии с этим в начале реакции, когда обмен этилен незначителен, образуются только C_2H_6 , C_2H_3D и $C_2H_4D_2$. В конце же реакции этилен обменивается до равновесия, и реакция приводит в основном образованию полидейтерированных этанов. В настоящее время мы не имеем данных для того, чтобы остановиться на какой-либо из схем, предложенных в литературе для обмена этилена.

Данные, полученные при низких температурах, не могут быть объяснень механизмом (IV), поскольку основное условие, необходимое для образования полидейтерированных этанов по этой схеме, а именно наличие больших количеств обменного этилена в газовой фазе, не выполняется: обмен этилена или отсутствует, или же крайне незначителен. Повидимому, при низкой температуре установление равновесия на поверхности протекает быстрее, чем десорбция продуктов реакции, и, таким образом, установление равновесия не требует образования дейтерированных этиленов в газовой фазе. Детальный механизм образования полизамещенных этанов требует даль-

нейшего уточнения.

Сделанный нами вывод о том, что реакция взаимодействия этилена с дейтерием на палладиевом катализаторе протекает по разным механизмам при высокой и низкой температурах, может оказаться полезным для анализа результатов, полученных на других металлах.

Московский государственный университет им. М. В Ломоносова и Институт химической физики Академии наук СССР

Поступило 17 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ A. Farkas, L. Farkas, E. K. Rideal, Proc. Roy. Soc., A146, 630 (1934).

² G. H. Twigg, E. K. Rideal, Proc. Roy. Soc., A171, 55 (1939).

³ G. K. T. Conn, G. H. Twigg, Proc. Roy. Soc., A171, 70 (1939).

⁴ G. H. Twigg, Disc. Farad. Soc., 8, 152 (1950).

⁵ J. Turkevich, D. Schissler, P. Irsa, J. Coll. and Phys. Chem., 55, 1078 (1951).

⁶ T. Keii, J. Chem. Phys., 22, 144 (1954).

⁷ G. I. Jenkins, E. K. Rideal, J. Chem. Soc., 1955, 2496.

⁸ J. N. Wilson, J. W. Otvos et al., Ind. and Eng. Chem., 45, 1480 (1953).

⁹ T. Keii, J. Chem. Phys., 23, 210 (1955).

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. В. КИСЕЛЕВ, Ф. З. САБИРОВ, И. Л. ЭТТИНГЕР и М. Ф. ЯНОВСКАЯ

АДСОРБЦИЯ МЕТАНА САЖЕЙ И УГЛЕМ ВЫШЕ И НИЖЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

(Представлено академиком А. А. Скочинским 9 IV 1956)

В некоторых угольных пластах зарегистрированы давления газа свыше атм., поэтому необходимо изучение сорбции каменными углями метана и высоких давлениях. Сорбция метана каменными углями зависит от пичины доступной поверхности, формы и размеров пор, возможного нахания скелета угля. Для раздельного изучения этих факторов представ-

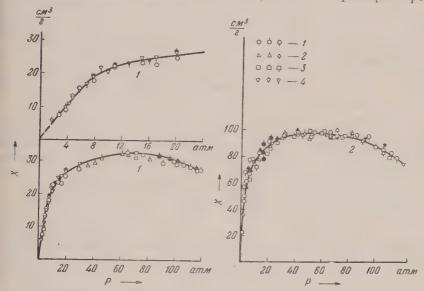


Рис. 1. Изотермы адсорбции метана (в мл нтд) при 30° на саже (1) и активном угле (2) в функции давления газа. Разными значками обозначены разные серии опытов с четырьмя разными навесками. Черные точки — десорбция

ет интерес исследование адсорбции метана на адсорбентах более простого оения— активных углях с более жестким скелетом и непористых или по пористых сажах.

При адсорбции метана — газа, т. е. выше критической температуры, отный адсорбционный слой достигается при высоких давлениях. По мере та концентрации в газовой фазе c концентрация в адсорбционном слое растет и приближается к пределу c_{∞} , определяемому кинетическими разми молекул и их упаковкой. Адсорбция по Гиббсу $x^{(v)}$ (на грамм) от $\Gamma^{(v)}$ (на единицу поверхности), представляющая избыток вещества в еме адсорбционного слоя v_a по сравнению с его содержанием в равном еме газа, в области достаточно высоких давлений проходит поэтому ез максимум $\binom{1}{2}$. Она приближается к нулю по мере приближения кон-

центрации газа c к концентрации в адсорбционном слое c_a . Полное же содержание вещества a в адсорбционном объеме v_a связано с адсорбцией $x^{(v)}$ соотношением $a=x^{(v)}+v_a\,c$ в расчете на 1 г или $\alpha=\Gamma^{(v)}+\tau c$ в расчете на единицу поверхности s адсорбента ($\alpha=a/s,\, \tau=v_a/s$ — толщина адсорбционного слоя). Величины a и α стремятся к предельным значениям a_{∞} и a_{∞} . Изотермы адсорбции метана — газа с максимумом при температурах выше критической и при высоких давлениях исследовались в работах $(^{2-6})$, в частности на активных углях (2,3) и на саже (4,5). Адсорбция метана — газа

3

происходит в объеме v_a , меньшем

всего объема пор угля.

В случае адсорбции паров, благодаря характерным для паров вторичным процессам полимолекулярной адсорбции и капиллярной конденсации, изотермы имеют S-образную форму*. При адсорбции пористыми адсорбентами при этом заполняется весь объем микропор.

В настоящей работе изучена адсорбция метана — газа при 30° до давления 120 атм. и паров метана при температуре кипения (—161°) до объемного насыщения на канальной саже, прогретой в вакууме при 800°, и на активном угле БАУ. Удельная поверхность сажи была определена Е. В. Храповой по адсорбции паров азота и составляла $150 \text{ m}^2/\Gamma$.

Опыты при высоких давлениях проводились на установке с кварцевыми весами (8) при $30+0,2^{\circ}$. Перед измерениями образцы откачивались при давлении 1.10-3 мм рт. ст. и 50° до постоянного веса. Затем температура понижалась до 30°, измерялось нулевое положе-

ние весов по реперу и начинались измерения адсорбции. Изотермы для каждого адсорбента снимались несколько раз с разными навесками. Метан содержал примеси: 0,05% СО2, 0,15% С_пН_т, 0,92% О₂, 1,06% Н₂ и 3,32% N₂; его концентрация в газе рассчитывалась по формуле: $c = \frac{0.945 \cdot 10^38}{10^3}$ ммол/см 3 , где δ — плотность метана в равновесной газовой 0,945 — весовая доля фазе, в исходном газе и М — его молекулярный вес. Плотность газа в определялась как функция давления газа по методу (8). Результаты совпали с уравнением состояния (6).

Адсорбция паров метана измерялась объемным методом (9). Адсорбенты после откачки погружались в термостат с жидким метаном, постоянство температуры кипения которого поддерживалось автоматически в пределах +0,02°. Полученные при 30° изотермы адсорбции в функции давления газа даны на рис. 1. Они проходят через максимум вблизи 70 атм. для сажи и 50 атм. для угля. На рис. 2 эти изотермы изображены в функции концентрации газа с. Для сажи адсорбция отнесена также и к единице поверхности.

MM/2

1,0

0.5

1,5

6

Рис. 2. Изотермы адсорбции метана при 30°

на саже (1) и активном угле (2) в функции концентрации газа. Адсорбция выражена

в мМ/г и в μМ/м² (правый масштаб для сажи.)

Обозначения точек те же, что на рис. 1

Переход изотермы с максимумом в S-образную изотерму при понижении температуры значительно ниже критической при переходе от газа к пару был указан в (1). S-образные изотермыадсорбции паров метана вблизи температуры его кипения были получены на графи-130

ізкое к линейному падение нисходящих ветвей изотерм адсорбции x^{v} , рис. 2 указывает на то, что полное содержание метана в адсорбционном еме (a, α) близко к предельному $(^1)$. Установка $(^8)$ не позволяла работать давлениях больше 120 атм., поэтому экстраполяция нисходящих ветизотерм адсорбции не очень надежна. Она приводит к величине $c_{\infty} \approx 19$ м/л,

соответствует плотности $\delta_{\infty} \approx 0.30 \, \text{г/см}^{3*}$. Наклоны нисходящих ветвей изотерм эрбции позволяют оценить величину v_a формуле:

$$v_a = -\left(\frac{\partial x^{(v)}}{\partial c}\right)_{a=a_{\infty}}.$$

ичина v_a составляет 0,093 см³/г для си. Зная v_a , можно перейти к изотермам ного содержания метана в адсорбцион- собъеме, которые изображены на рис. 2 ошными линиями. Они дают $\alpha_{\infty} = 12~\mu\text{M/m}^2$ для сажи. Отсюда можно нить толщину адсорбционного слоя $v_a/v_b = 0.4~\text{Å}$, а также площадь, приящуюся в нем на молекулу метана $v_a/v_b = 1/\mu$ 0 столь малая величина соответствовала бы наиболее плотной ковке молекул метана в мономолекулярислое, ван-дер-ваальсовский диаметр коых составляет около 4 Å. Повышенная ичина толщины адсорбционного слоя и

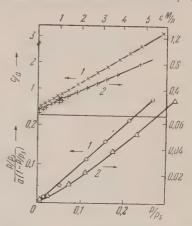


Рис. 3. Изотермы адсорбции метана при 30° в координатах уравнения (2) — вверху и при -161° в координатах уравнения БЭТ — внизу. Кривые 1 — для сажи, кривые 2 — для угля

Рассмотрим вкратце вид уравнения изотермы адсорбции газа при высос давлениях. Адсорбция газа при малых давлениях соответствует равноию:

Вещество в газе + свободные места на поверхности \geq вещество на поверхности

сонстантой $K = \frac{c_a}{c \; (c_{a_{\infty}} - c_a)},$ откуда получается уравнение Ленгмюра

$$a = a_{\infty} \frac{Kc}{1 + Kc}.$$

случае же высоких давлений следует учесть свободные места также и в овой фазе в соответствии со схемой:

Вещество в газе + свободные места на поверхности \leq вещество на поверхности + свободные места в газе

Равновесие выражается в этом случае более симметричной формулой

$$K = \frac{c_a (c_{\infty} - c)}{c (c_{\infty} - c_a)}, ***$$

^{*} Эта величина δ_{∞} близка к полученной в работах $(^1,^2)$, с активными углями: 0,30— 6 г/см 3 . В работе $(^4)$ с сажей получена меньшая $\delta_{\infty}=0,23$ г/см 3 . В работе $(^5)$ указывается =0,62 г/см 3 , т. е. много больше плотности твердого метана, что мало вероятно. Для инения величины δ_{∞} нужны новые более точные измерения.

^{**} Если пренебречь отклонениями активностей от концентраций и допустить, что при оких давлениях концентрация в объеме газа c стремится к тому же пределу c_{∞} , что и конграция в адсорбционном объеме c_a .

$$a = v_a c_a = \frac{v_a K c}{1 + (K - 1) c / c_{\infty}} = a_{\infty} \frac{K c / c_{\infty}}{1 + (K - 1) c / c_{\infty}}.$$
 (1)

В отличие от уравнения Ленгмюра уравнение (1) правильно передает предельный случай $c=c_{\infty}$, когда $a=a_{\infty}^*$.

На рис. 3 вверху изотермы a(c) представлены в координатах уравнения

(1), приведенного к линейной форме:

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{v_a K} + \frac{K - 1}{v_a K} \cdot \frac{1}{c_\infty} c. \tag{2}$$

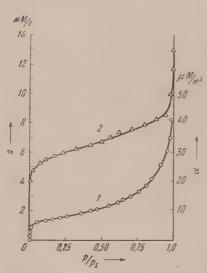


Рис. 4. Изотермы адсорбции паров метана вблизи температуры его кипения на саже (I) и угле (2)

В случае сажи это уравнение хорошо выполняется, что указывает на большую однородность ее поверхности и оправдывает сделанные при выводе (1) допущения.

На рис. 4 показаны изотермы адсорбции п а р о в метана вблизи температуры его кипения на тех же адсорбентах. В отличие от изотерм адсорбции метана — газа эти изотермы имеют S-образную форму благодаря полимолекулярной адсорбции и капиллярной конденсации (в порах угля). В случае сажи изотерма адсорбции хорошо выражается уравнением полимолекулярной адсорбции паров БЭТ (см. рис. 3), откуда емкость монослоя $\alpha_m = 7.9$ μ M/м² и $\omega_0 = \frac{1}{\alpha_m} = 21$ Ų. Эта величина ω_0

близка к определенной таким же методом для других адсорбентов: $21,3~{\mathring{\bf A}}^2\,(^{11}).$

В случае пористого активного угля адсорбционный потенциал выше, чем на

саже, на что указывает сдвиг максимума изотерм адсорбции метана— газа на рис. 1 и 2 в сторону меньших давлений и концентраций. При адсорбции паров метана (рис. 4) жидкость заполняет весь объем микропор этого угля. При $p/p_s=0.5$ сорбируются 0.26 см³ жидкого метана на 1 г, что совпадает с объемом жидкого метанола, сорбированным из паров при том же p/p_s (см. $(^{12})$, уголь № 2). Соотношение величин адсорбции на угле и на саже как выше, так и ниже критической температуры позволяет оценить поверхность угля БАУ в $500 \text{ м}^2/\Gamma$.

Авторы выражают благодарность А. А. Скочинскому, Г. Д. Лидину и

В. В. Ходоту за поддержку этой работы.

Институт горного дела Академии наук СССР н Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Поступило 9 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. В. Киселев, ДАН, 61, 657 (1948). ² В. Т. Пальвелев, ДАН, 62, 779 (1948). ³ В. В. Ходот, Изв. АН СССР, ОТН, 11, 1753 (1948). ⁴ D. Н. Мобfat, К. Е. Weal, Fuel, 34, 449 (1955). ⁵ J. van der Sommen, P. Zwietering, et al., Fuel, 34, 444 (1955). ⁶ Т. Весктапп, Втеплях., 35, 6 (1954). ⁷ L. Вопетаіп, Х. Duval, М. Lettert, С. R., 234, 1363 (1952). ⁸ В. В. Ходот, М. Ф. Яновская, ДАН, 97, 879 (1954). ⁹ И. Л. Эттингер, Изв. АН СССР, ОТН, 7, 986 (1949). ¹⁰ В. К. Семенченко, Колл. журн., 9, 125 (1947). ¹¹ W. Т. Granquist, F. А. Міtch, С. Н. Еdwards, Ind. and Eng. Chem., 46, 358 (1954). ¹² А. В. Киселев, В. П. Древинг, А. Д. Рунов, ДАН, 46, 310 (1945).

^{*} Уравнение (1) по своей форме аналогично уравнению В. К. Семенченко (10) для адсороции из концентрированных растворов.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ю. П. НИКИТИН и О. А. ЕСИН

ЕМКОСТЬ ДВОЙНОГО СЛОЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

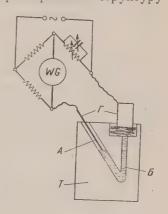
(Представлено академиком А. Н. Фрумкиным 26 V 1956)

Изучение емкости электрода дает, как известно (1), интересную инфорцию о строении двойного электрического слоя. Исследование электропиллярных явлений и токов заряжения позволило выявить знак и вечину плотности заряда на поверхности ряда металлургических расплавов, энтактирующих со шлаком (2-4). Чтобы полнее охарактеризовать структуру

ойного слоя на границе раздела этих фаз, це-

сообразно измерить также и емкость.

Опыты проводились в печи угольного сопротвления при температурах 1450—1550°. Общий ид тигля из плавленой MgO представлен на іс. 1. Жидкий металл помещался в сообщаюиеся отделения А и Б. В отделении Б над меіллом находился расплавленный шлак. Плоадь контакта между ними мало отличалась от чения канала Б, диаметр которого был 5,5 мм. а относительно короткое время опыта (3—5 мин.) лак почти не проникал между металлом и стеной тигля, а некоторая кривизна границы разела не могла заметно изменить поверхность коникта. При помощи графитовых электродов arGammaнейка соединялась с мостом переменного тока ія измерения емкостей, работающим на частоте) периодов в 1 сек. Применение высоких частот огло лишь несколько снизить найденную веичину емкости. Рабочая поверхность графитоого электрода была примерно в 10 раз больше,



Рпс. 1. Схема установки. A и B— отделения, наполненные металлом, Γ — графитовые электроды; T— тело ячейки из плавленой MgO; WG— вибрационный гальванометр

ем у исследуемого. Поэтому полученное значение емкости без существеной погрешности можно относить только к границе раздела металл—лак. Амплитуда применяемого при измерении тока не превышала 10 мв. уль-прибором служил вибрационный гальванометр. Экспериментально иденные С и R отождествлялись с известным приближением с емкостью войного слоя и с сопротивлением реакции. Для поляризации исследуемого исктрода применялась схема, описанная ранее (2) и содержащая большое идуктивное сопротивление. Предварительными опытами было установлено, то подключение этой схемы к мосту практически не сказывалось на поканиях моста. Приготовление исследуемых сплавов описано ранее (2,4).

В опытах изучалось влияние металлов и шлака, а также поляризации вектрода на величины C и R. Полученные результаты представлены в

бл. 1 и 2 и на рис. 2.

Как видно из табл. 1, емкость двойного слоя практически не зависит состава металлической фазы*. Значения ее близки к полученным для

^{*} Близкие значения С жидких металлических электродов и графитового говорят о плой смачиваемости последнего шлаком.

водных растворов (1), когда заряд ионной обкладки определяется катионами (18 мф/см 2). Это вполне согласуется с наличием отрицательного заряда на поверхности металл — шлак, что было установлено двумя независимыми методами ($^{2-4}$).

При образовании двойного слоя из металла в шлак переходят в небольшом количестве катионы, например, железа*. Однако положительную

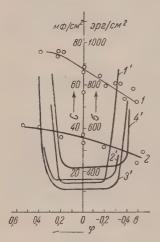


Рис. 2. Зависимость емкости C (1', 2', 3' и 4') и межфазного натяжения σ (1 и 2) от потенциала электрода ϕ для границ сплавов. 1 н 1'— Fe—C/CaO, SiO₂, Al₂O₃; 2 и 2'— Мп—C/CaO, SiO₂, Al₂O₃; 3'— Fe—C/BaO, SiO₂, Al₂O₃; 4'— Fe—C/BaO, SiO₂, Al₂O₃

обкладку двойного слоя образуют главным образом катионы, например Ca²⁺, концентрация которых в шлаке велика (⁶). Это подтверждается (см. табл. 2) падением емкости с увеличением радиуса катиона (от Mg²⁺ до Ba²⁺).

За исключением трех специальных случаев величина С несколько меньше, чем в водных растворах (1) и в расплавленных (при $t < 250^{\circ}$) сульфатах, нитратах и перхлоратах (5). Возможно, что это вызвано меньшей диэлектрической постоянной (D), которая была оценена из значений емкости и радиусов катионов по формуле плоского конденсатора (1) и оказалась колеблющейся от 1,70 до 1,92 (см. табл. 1 и 2). Практическое постоянство ее, вероятно, обусловлено тем, что во всех изученных шлаках имеется большая концентрация атомов кислорода, входящих в различные комплексные анионы. Сравнительно малое заполнение поверхности избыточными катионами (плотность заряда не превышает $10 \cdot 10^{-6}$ кул/см² (4)) говорит о значительном содержании этих анионов на поверхности раздела фаз. Поведение их как среды в двойном слое, повидимому, мало зависит от замены одного центрального катиона (например Si4+) на другой (например $A1^{3+}$ или B^{3+}).

Найденное значение D меньше, чем в водных растворах (где $D=3\div 4$ (1)) и в упомянутых выше расплавах (5). Эти жидкости составлены также из большого количества атомов кислорода. Пониженное значение D

Таблица 1 Значения C и R при разных составах сплавов

ThTOB	Состав металлического	Состав шлака, %			2W2	Ma	
Nene oneitob	сплава	CaO	SiO ₂	A12O3	С, мф/см ²	R, om/cm²	D
1 2 3 4 5* 6* 7	Fe — С (4,5% С) Fe — Si (44,6% Si) Fe — Р (19,8% Р) Mn — С (6,9% С) Ni ₃ S ₂ Си ₂ S С (графит)	42,5 40,0 40,0 42,5 42,5 40,0 42,5		15 21 21 15 15 21 15	14,3 14,9 14,4 14,8 14,9 15,7 15,0	53 16 24 22 14 37 19	1,73 1,78 1,73 1,77 1,78 1,88 1,79

^{*} В этих опытах принимал участие В. В. Хлынов.

шлаков объясняется, вероятно, более высокой температурой, а также упрочнением электронной оболочки кислорода по сравнению с расплавленными солями. Это может быть обусловлено наличием в шлаках центральных катионов (B^{3+} , Al^{3+} , Si^{4+}) с большими электростатическими полями. Не

^{*} Для графитового электрода это, повидимому, катионы примесей.

No 4						
OIDSTOB	Состав сплава	Состав шлака, %	С, мф/см²	R, om/cm2	D	
8 1 9 10 11 12 13 5* 14* 6* 15* 16*	$ \begin{array}{c} \text{Fe} \leftarrow \text{C} \ (4,5\% \ \text{C}) \\ \text{Ni}_3 \text{S}_2 \\ \text{Ni}_3 \text{S}_2 \\ \text{Cu}_2 \text{S} \\ \text{Cu}_2 \text{S} \\ \text{Pb} \\ \text{Pb} \end{array} $	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	15,7	19 53 200 5 5 40 21 14 11 37 12 5 3	1,92 1,73 1,73 1,76 1,70 1,76 1,78 1,78 1,88 1,77	

^{*} В этих опытах принимал участие В. В. Хлынов.

ысключена возможность и некоторой диффузности ионной обкладки двойного слоя в расплавленных шлаках (6). В этом случае в эквивалентном плоском конденсаторе расстояние между пластинами становится больше, а

величина D возрастает при тех же значениях C.

Из рис. 2 видно, что емкость в определенном интервале ф остается почти постоянной. Когда же достигаются потенциалы макрорастворения железа или разряда кремния и алюминия, С сильно увеличивается, а измерение ее затрудняется. Кривые емкости напоминают таковые для водных растворов в присутствии поверхностно-активных молекул спирта (1). Этому соответствует и отсутствие максимума на электрокапиллярных кривых, и невысокие значения C. В рассматриваемом случае за поверхностно-активные частицы следовало бы принять сложные анионы шлака. Однако отсутствие резких максимумов на кривых емкости позволяет дать им и иную трактовку. Известно (1), что емкость мало меняется с потенциалом и тогда, когда последний отвечает определенному участку катодной ветви электрокапиллярной кривой. В этом случае даже значительные изменения концентрации электролита мало сказываются на величине С (1). Поэтому практическое постоянство C при разных ϕ может рассматриваться как подтверждение электрокапиллярных измерений, согласно которым погенциал изученных электродов далек от нулевой точки.

Добавки в шлак FeO и PbO приводят к химическому взаимодействию между металлом и шлаком. Из табл. 2 видно, что они вызывают увеличение С и уменьшение R. Последнее в известной мере наблюдается и при переходе от сплавов Fe — C к сплавам Fe — P, Fe — Si и Mn — C. Возможно, что это также обусловлено облегчением развивающегося взаимодействия между металлом и шлаком. Поэтому малое значение R для шлаков, содержащих Na₂O, может в какой-то мере служить подтверждением предположения (6), что катионы железа при образовании двойного слоя переходят в такие

шлаки в большем количестве.

Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова

Поступило

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 А. Н. Фрумкин, В. С. Багоцкий, З. А. Иофа, Б. Н. Кабанов, Кинетика электродных процессов, М., 1952. ² О. А. Есин, Ю. П. Никитин, С. И. Попель, ДАН, 83, № 3, 431 (1952). ³ Ю. П. Никитин, О. А. Есин, С. И. Попель, ДАН, 87, № 5, 813 (1952). ⁴ Ю. П. Никитин, О. А. Есин, ДАН, 107, № 6 (1965). ⁵ J. E. B. Randles, W. White, Zs f. Elektrochem., 59, № 7—8, 666 (1955). ⁶ О. А. Есин, ЖФХ, 30, № 1, 3 (1956).

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

и. л. розенфельд и т и. луконина

о новом катодном деполяризаторе

(Представлено академиком А. Н. Фрумкиным 24 IV 1956)

Коррозия железа, цинка, меди и других металлов возрастает в десятки, а иногда и в сотни раз при наличии в атмосфере сернистого газа $(^1,^2)$. Зарегистрированы повышенные скорости коррозии металлов в промышленных районах, усиленные разрушения железных конструкций в железно-

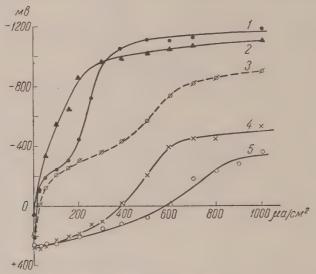


Рис. 1. Кривые катодной поляризации меди в тонких слоях 0.1~h $\rm Na_2SO_4$ при различном содержании сернистого газа в воздушной атмосфере. I — пленка электролита $160~\mu$, чистая атмосфера; 2 — объем, чистая атмосфера; 3 — объем, $\rm SO_2=1.0\%$; 4 — пленка $160~\mu$; $\rm SO_2=0.1\%$; 5 — пленка $160~\mu$; $\rm SO_2=1.0\%$

дорожных депо, в тоннелях, а также топливной арматуры, работающей

на сернистом топливе (3).

Такое сильное влияние SO_2 обычно связывают с изменением pH среды, а также свойств защитных пленок $(^1,^2)$. Хотя подобное влияние и не исключено, не менее важное значение имеет то обстоятельство, что сернистый газ $(H_2SO_3$ и $HSO_3^{--})$ может восстанавливаться на различных металлах при относительно положительных значениях потенциалов, принимая таким образом непосредственное, и при этом значительное участие в процессе катодной деполяризации. На эту важную роль сернистого газа как катодного деполяризатора мы хотели бы обратить внимание в настоящем сообщении.

На рис. 1 представлены кривые катодной поляризации меди в тонких слоях (160 μ) 0,1 *н* раствора сернокислого натрия при различном содержании 136

нистого газа в воздушной атмосфере. Сравнивая кривую !1, снятую в той воздушной атмосфере, с кривыми 4 и 5, снятыми в услювиях, когда в душную атмосферу было введено 0.1 и 1.0% SO_2 , видно, что в присутии SO_2 эффективность работы катода (плотность тока) резко возрастает.

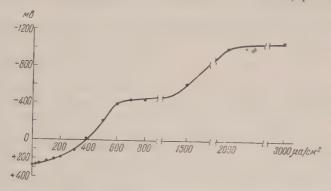


Рис. 2. Кривая катодной поляризации меди в присут ствин SO_2 (0,1%). Толщина слоя электролита (0,1 μ Na₂SO₄) 160 μ

с, например, плотность тока на катоде при потенциале —100 мв возрает с $20~\mu a/cm^2$ в чистой атмосфере до 450—700 $\mu a/cm^2$ в атмосфере SOs

—1,0%). Последнее объяется восстановлением нистого газа на медном оде, приводящем к сильту сдвигу кривых катодг поляризации в область хынылогижо значений енциалов. На участие нистого газа в процессе одной деполяризации зывает и сдвиг стационого потенциала в пологельную сторону, котой, при учете возрастания рости коррозии и облегия анодной реакции в сутствии SO₂, нельзя яснить ничем иным как егчением катодного проса. Установленный нами ект очень сильно прояется в тонких слоях ктролитов и в меньшей пени в объемных (как видно при сравнении

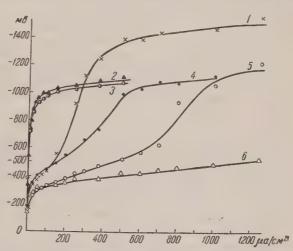


Рис. 3. Кривые катодной поляризации алюминия в тонких слоях $0.1~\mu$ Na_2SO_4 при наличии в воздушной атмосфере сернистого газа. I — пленка $160~\mu$, $SO_2 = 0.01\%$; 2 — пленка $160~\mu$, чистая атмосфера; 3 — объем, чистая атмосфера; 4 — объем, $SO_2 = 1.0\%$; 5 — пленка $160~\mu$, $SO_2 = 0.1\%$; 6 — пленка $160~\mu$, $SO_2 = 1.0\%$

при 2 и 3 и 1 и 5 на рис. 1). Последнее можно объяснить резким уменьнием в тонких слоях толщины диффузионного слоя за счет саморазмения (4).

Полная кривая катодной поляризации для меди (рис. 2) характеризуетналичием двух волн, соответствующих двум различным электрохимиче-

м реакциям, протекающим на катоде.

Аналогичный эффект увеличения сернистым газом скорости деполяриии катода наблюдается на алюминии и железе (рис. 3 и 4). При потенле —0,5 в скорость катодного процесса на алюминии в присутствин SO₂ (0,01, 0,1 и 1,0%) увеличивается с 10 µа/см² до 140—150—1050 µа/см², соответственно. Предельные диффузионные токи по сернистому газу как на меди, так на алюминии и железе в десятки раз превосходят предельный диффузионный ток по кислороду. Увеличение сернистого газа в воздушной атмосфере в десять раз приводит к увеличению предельного диффузионного тока в 2,5—3 раза.

Процесс восстановления сернистого газа на алюминии также характеризуется наличием двух волн на кривых потенциал — плотность тока,

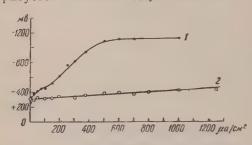


Рис. 4. Кривые катодной поляризации железа в тонких слоях $0.1~\mu$ Na₂SO₄. 1 — пленка $160~\mu$, чистая атмосфера; 2 — пленка $160~\mu$, SO₂ = 1.0%

причем первая волна практически совпадает с волной для меди. Некоторая особенность восстановления сернистого газа на алюминии заключается в том, что малые концентрации сернистого газа (0,01%) при потенциале выше —1,0 в (вторая волна) тормозят в некоторой степени течение электрохимических реакций на катоде, что выражается в сдвиге кривой катодной поляризации в область более отрицательных значений потенциала (это видно при сравнении кривых 1 и 2 рис. 3). На железе, как и на других ме-

таллах, восстановление сернистого газа протекает настолько легко, что при наличии в воздушной атмосфере 1,0% SO₂ железо становится, в пределах изученных нами плотностей тока, практически неполяризуемым катодом (см. рис. 4).

Если результаты экспериментов представить в полулогарифмических координатах, то зависимость потенциалов медного, алюминиевого и железного катодов от логарифма плотности тока удовлетворительно укладывается в серию прямых и может быть выражена уравнением

$$\varphi = a + b \lg i$$

Предлогарифмический коэффициент на участках первой волны оказывается для алюминия равным —115 мв, железа —25 мв и меди —75 мв. Для процессов, протекающих на меди при более отрицательных значениях потенциала (см. вторую волну на рис. 1), получаются более высокие значения коэффициента наклона кривых ф— lg i. Такое сильное влияние сернистого газа на катодное поведение металлов становится понятным, если сравнить стационарные потенциалы ряда металлов с потенциалами восстановления сернистого газа (HSO₃, H₂SO₃). Расчеты показывают, что стационарные потенциалы меди, железа и алюминия намного отрицательнее потенциалов восстановления сернистого газа по большинству возможных схем. Поэтому на большинстве технически важных металлов процесс восстановления сернистого газа протекает в кислой среде, создающейся за счет растворения в электролите SO₂, довольно легко. Механизм катодного восстановления сернистого газа однозначно еще не установлен. Однако термодинамические расчеты, а также результаты полярографических исследований (5) позволяют наметить наиболее вероятную схему восстановления.

Первая волна соответствует суммарной реакции восстановления иона бисульфита до иона гидросернистой кислоты

$$2HSO_3^- + 2H^+ + 2\theta = S_2O_4^{--} + 2H_2O$$
 $E_{pH=2.8} = -0.268 \text{ B}$ (1)

или реакции:

$$2HSO_3^- + 4H^+ + 2\theta = H_2S_2O_4 + 2H_2O$$
 $E_{pH=2,8} = -0.195 \text{ B},$ (2)

отекающей по схеме:

$$HSO_3^- + 2H^+ + \theta = HSO_2 + H_2O$$
 (3)

$$2HSO_2 \rightarrow H_2S_2O_4 \rightarrow 2H^+ + S_2O_4^{--}$$
 (4)

горая волна соответствует реакции восстановления гидросернистой кисэты до иона тиосульфата по схеме:

$$S_2O_4^{--} + 2H^+ + 2\theta = S_2O_3^{--} + H_2O$$
 $E_{pH=2_{\bullet}3} = -0.973 \text{ B.}$ (5)

з вышеизложенного можно заключить, что эффективность работы различих металлов в качестве катода резко возрастает в присутствии SO2, прим в этих условиях деполяризация катода совершается, в основном, за ет реакции восстановления сернистого газа. С наименьшим перенапряжетем реакция восстановления сернистого газа протекает на меди, поэтому дь в присутствии этого газа должна сильно увеличивать коррозию других таллов, находящихся с ней в контакте, а также сама сильно корродивать.

При оценке роли сернистого газа в качестве катодного деполяризатора, особствующего усилению коррозионного процесса, следует иметь в виду, -первых, что восстановление этого газа происходит при потенциалах лее положительных, чем потенциал восстановления кислорода и, во-втоих, что растворимость сернистого газа в электролитах в 1300 раз выше раворимости кислорода. Поэтому, даже при незначительном содержании рнистого газа в воздухе, концентрация его в электролите может стать измеримой с концентрацией кислорода, который считается основным катодм деполяризатором. Принимая содержание кислорода в воздушной атморере равным 20%, легко придти к заключению, что при наличии в воздухе его лишь 0,015% сернистого газа его концентрация в электролите будет пвной концентрации кислорода. Если эффективность работы катода в ловиях кислородной деполяризации определяется чаще всего концентранонной поляризацией, то в присутствии сернистого газа концентрационме эффекты, в пределах плотностей тока, характерных для процессов оррозии, в значительной степени исключаются. Учитывая, что скорость ррозии большинства металлов определяется чаще всего скоростью протения катодной реакции, можно придти к заключению, что усиленная корзия металлов в присутствии сернистого газа в значительной степени свяна со свойствами этого газа выступать в качестве катодного деполяризара, что до последнего времени совершенно не учитывалось.

Институт физической химии Академии наук СССР

Поступило 24 IV 1956

ШИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ W. H. J. Vernon, Trans. Farad. Soc., **27**, 2336 (1931). ² J. C. Hudson, Appl. Chem., **3**, 2, 86 (1953). ³ С. Г. Веденкин, Сборн. Атмосферная коррозия металья, 1951. ⁴ И. Л. Розенфельд, К. А. Жигалова, ДАН, **99**, № 1 (1954); **4**, 6 (1955). ⁵ И. М. Кольтгофф, Дж. Лингейн, Полярография, 1948, p. 303.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. М. ШАМОВСКИЙ и Ю. Н. ЖВАНКО

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВАТОРА В ЩЕЛОЧНОГАЛОИДНЫХ ФОСФОРАХ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 23 V 1956)

Зейтц (1) предположил, что центрами дополнительного поглощения щелочногалоидных фосфоров являются ионы тяжелых металлов-активаторов, входящие в состав решетки основного вещества с образованием твердых растворов замещения. На основе этой гипотезы была создана структурная и энергетическая модель кристаллофосфора и даны объяснения механизма процессов его возбуждения и люминесценции. Единственным аргументом, который обычно выдвигается для подтверждения взглядов Зейтца, служит установленная опытами линейная зависимость между коэффициентом поглощения в максимуме длинноволновой полосы поглощения некоторых фос-

форов и фактической концентрацией активатора (2).

Монокристаллические щелочногалоидные фосфоры в действительности имеют микрогетерогенную структуру, возникающую благодаря введению активатора и усиливающуюся с ростом его концентрации (3). Полиэдрическая структура фосфоров обязана двоякому распределению активатора: одна часть примесных ионов входит в узлы решетки основного вещества, а другая распределяется на внутренних поверхностях кристалла. Коэффициент двоякого распределения примесей имеет термодинамическую природу. Его величина зависит от особенностей фазового равновесия для системы основная соль — активатор. В общем случае для систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии оптимальная дозировка активатора всегда выше, чем для составов с малой растворимостью (4). Эти факты дают основание предполагать, что спектр поглощения и люминесценции фосфора соответствует лишь некоторой доле активатора, расположенного в особых местах кристалла (5). В связи с этим представляется интересным исследовать положение и интенсивность длинноволновой полосы поглощения одного из фосфоров в зависимости от концентрации активатора, введенного в виде различных соединений. Здесь при различных коэффициентах двоякого распределения активатора оценить, какая его часть соответствует наблюдаемым центрам дополнительного поглощения фосфора. В качестве объекта для исследований был избран KJ(T1). Монокристаллы выращивались по видоизмененному методу Стокбаргера. Расплав кристаллизуемой соли был изолирован от воздуха и защищен от химического разложения. Активатор не мог улетучиваться или окисляться. Исходная соль подвергалась тщательни очистке. В качестве активатора использовались металлический T1, T12O, T12S и T1J. Образцы для исследований выкалывались из средней части крупных кристаллов, оттуда же отбирались пробы для анализа. Концентрация таллия определялась полярографически. Спектр поглощения промерялся на спектрофотометре СФ-4 на полированных пластинках толщиной до 0,08 мм*.

^{*} Авторы благодарят М. Л. Эрмана за разработку методики изготовления тонких полированных пластинок из воднорастворимых солей.

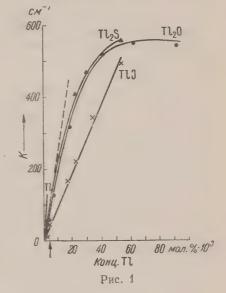
В спектре поглощения КЈ(Т1)-фосфора при 20° наблюдаются две полосы аксимумами при 285 и 236 мµ. Их положение и форма одинаковы для всех разцов, независимо от состава соединения использованного активатора. и одинаковых фактических концентрациях таллия кристалы значительотличаются только величиной коэффициента поглощения в максимуме тосы и немного ее полушириной. В спектре поглощения не было обнаруно дополнительных полос, которые характеризовали бы анионы, вводимые тристалл вместе с активатором. Возможно, что они перекрываются полоти собственного поглощения КЈ. Спектры люмицесценции, возбужденные

ьтрафиолетовым светом, промерялись монохроматоре УМ-2 с фотоумножилем*. Для всех образцов, независимо вида соединения использованного акватора, наблюдалась полоса с максимом около 410 мµ. Для кристаллов большим содержанием ТІЈ полоса при 0 мµ ослабляется и появляется дополтельная, очень широкая полоса с ма-

имумом при 460 мм.

На рис. 1 представлена зависимость эффициента поглощения в максимуме лосы при 285 мр от фактической коннтрации активатора в фосфоре. Хактерно, что различные соединения ного и того же активатора при одинавом (в данном случае) спектре поглочия и люминесценции имеют ярко граженные индивидуальные особенно-

При малых концентрациях активара во всех случаях наблюдается ли-



йная зависимость между интенсивностью дополнительной полосы поглоения фосфора и фактическим содержанием в нем таллия. Для КЈ — TlJосфора результаты наших измерений совпадают с данными Юстера и ельбека (²) в гораздо более широких пределах концентраций**.

Наименее растворимые соединения таллия дают при одинаковых коннтрациях активатора более интенсивные полосы поглощения. При высоих концентрациях активатора наблюдаются отклонения от линейной висимости (ср. с прямой, нанесенной на рис. 1 пунктиром). Они указывают состояния постепенно нарастающего насыщения, при котором увеличение держания активатора в фосфоре не сопровождается соответствующим овышением интенсивности поглощения в полосе при 285 мµ. В КЈ — ТІЈ, ри исследованных нами концентрациях активатора, подобного насыщения це не наблюдается — его, повидимому, можно ожидать для составов, копрые обычно используются при выращивании сцинтилляционных криаллов.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. В спектре поглощения КЈ(ТІ)-фосфора проявляется только часть акнватора, находящегося в кристалле в особых местах. Это заключение

* Авторы благодарят М. Н. Аленцева за предоставленную возможность произвести

мерения на его установке в ФИАНе.

** На рис. стрелкой показана максимальная концентрация в образцах, исследованк Юстером и Дельбеком. Значения коэффициентов поглощения в КЈ—ТІЈ-кристаллах
и комнатной температуре для 285 мµ оказались приблизительно в три раза меньшими,
м того же фосфора при температуре жидкого азота для полосы с максимумом при 282 мµ,
нощади же под этими кривыми примерно одинаковы. Для полосы в 282 мµ сила осцилляра, вычисленная по дисперсионной формуле Смакулы (6), оказалась равной 0,17. Из наших
мерений сила осциллятора, подсчитанная по той же формуле ≈0,15.

следует из того, что спектр поглощения и люминесценции этого фосфора не зависит от формы соединений введенного активатора, а интенсивность абсорбционных полос различна при одинаковом (общем) содержании таллия. Следовательно, активатор распределяется в кристалле двояким образом, и часть его примесей не участвует ни в поглощении света, ни в явлениях люминесценции*. Вывод о двояком распределении активатора не зависит от существующих представлений о структуре кристаллофосфора. Линейная зависимость между интенсивностью длинноволновой полосы поглощения фосфоров и концентрацией в них активатора не противоречит такому заключению, если принять, что коэффициент двоякого распределения примесей сохраняет постоянное значение в узких пределах изменения состава смешанных кристаллов. Сила осциллятора, подсчитываемая по дисперсионной формуле Смакулы, всегда дает заниженные результаты, так как относится к общему содержанию активатора в кристалле и не учитывает двоякого его распределения.

2. Из того факта, что при равных концентрациях активатора наиболее растворимые его соединения дают наименее интенсивные полосы поглощения, следует, что ионы активатора в узлах решетки не обнаруживаются в спектре поглощения и не участвуют в люминесценции фосфора. Эти свойства присущи активатору, находящемуся на контактах поверхностей блоков

полиэдрической структуры фосфора**.

В спектре поглощения аддитивно окрашенных фосфоров полностью исчезают полосы, свойственные активатору в ионной форме, и появляются полосы, характерные для его атомов и коллоидных частиц. Последние распределяются на блоках мозаики на фоне совершенно бесцветных кристаллов в объеме*** (9). При выращивании монокристаллов из расплава (изолированного от атмосферы) реакции двойного обмена между активатором и основной солью имеют второстепенное значение, иначе спектр поглощения во всех случаях соответствовал бы фактическому содержанию ТІЈ и кривые на рис. 1 совместились бы.

3. Кривые на рис. 1 можно рассматривать как начальные ветви своеобразных изотерм адсорбции. Относительная концентрация активатора на контактах зависит от прочности его связи на межкристаллических поверхностях и растворимости в кристалле (в форме данных соединений). Металлический таллий дает те же полосы поглощения и люминесценции, что и его соединения в ионной форме. Это объясняется характером связи атомов

металла на поверхности ионной решетки $(^{10})$.

4. Активатор, распределенный по контактным поверхностям, создает в фосфоре систему глубоких локальных уровней для электронов или дырок. В связи с этим возникают запорные слои, которые экспериментально были обнаружены при изучении аддитивного окрашивания фосфоров (11)****. Наличие таких контактных поверхностей создает условия для рекомбинации здесь электронов и дырок с излучением. Вне этих поверхностей та же рекомбинация не сопровождается излучением. Когда на межкристаллических поверхностях появляются полимолекулярные слои активатора, то в

При малых концентрациях активатора спектр люминесценции щелочногалоидных фосфоров не зависит от энергии абсорбируемого излучения и, следовательно, относится к той

же части активатора, которая обнаруживается в спектре поглощения.

достаточно велика.

^{**} Если средняя величина блоков соответствует $1\,\mu$, то для покрытия их поверхности мономолекулярным слоем активатора требуется около 10^{-1} мол.% T1, а для блоков в $10\,\mu$ — $10^{-2}\%$. При таких концентрациях активатора на блоках проверка справедливости закона Вегерта рентгеноструктурным методом в исследованиях Стасива и Зауэра (7) или Ренсимена и Стюарта (8) не могла дать однозначный ответ относительно структуры фосфоров. Все же эти авторы отмечают, что параметры решетки увеличиваются в меньшей степени, чем это соответствует фактическому составу кристаллов.

^{***} После удаления F-центров. **** В присутствии активатора устойчивость F-центров уменьшается, скорость окрашивания падает и не ускоряется электрическим полем, если концентрация примесей

тре поглощения фосфора длинноволновая ветвь полосы активатора расяется и усиливается. В спектре люминесценции появляется новая шиия полоса, смещенная в красную часть спектра. Такой результат нацается как в монокристаллах (12), так и в порошковых фосфорах, привленных простым смешением (13). В последнем случае существование пватора в виде самостоятельной фазы доказано экспериментально. Здесь, и следовало ожидать, свечение наблюдается только в поверхностных

Нами установлено, что такие порошки обнаруживают яркую и длительфосфоресценцию при возбуждении рентгеновскими лучами. Это познет заключить, что активатор, распределенный на поверхности зерен, туживает некоторые объемы кристаллов, в которых заведомо отсутствует примесь, но существуют структурные дефекты для временной локалини электронов и дырок.

Всесоюзный институт минерального сырья

Поступило 6 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

F. Seitz, J. Chem. Phys., 6, № 3, 150 (1938). ² E. Koch, Zs. f. Phys., 59, 378 d); J. Schulman, R. Ginter, C. Klick, J. Opt. Soc. Am., 40, 854 (1950); Etzel, J. Schulman et al., Phys., Rev., 85, 1063 (1952); Л. М. Беляев, І. Галанин и др., ДАН, 99, № 5 (1954); Н. W. Etzel, J. H. Schulman, Chem. Phys., 22, 9 (1954); Р. Juster, C. Delbeeg, J. Chem. Phys., 21, № 5, (1953). ³ Л. М. Шамовский, Л. М. Родионоваи др., ДАН, 99, № 2, (1954). ⁴ В. Л. Левшин, Фотолюминесценция жидких и твердых веществ, ⁵ П. Прингсгейм, Флуоресценция и фосфоресценция, 1951. ⁶ А. S macuzs. f. Phys., 59, 603 (1930). ⁷ O. Stasiw, E. Sauer, Göt. Nachr., 3, 77 (1928). А. Runciman, E. Y. Steward, Proc. Phys. Soc., 66A, 5, № 401 (1953). М. Шамовский, Л. М. Родионова, ДАН, 99, № 3, 381 (1954). Ф. Ф. Волькенштейн, С. З. Рогинский, ЖФХ, 29, в. 3, 485 (1955). М. Шамовский, Л. М. Родионова, ДАН, 92, № 5, 939 (1953). Ноfstadter, Phys. Rev., 75, № 5 (1953). ¹³ Н. Hutten, P. Pringsheim, Chem. Phys., 16, № 3 (1948).

ГЕОХИМИЯ

Е. Д. ЗАЙЦЕВА

обменный аммоний в осадках тихого океана

(Представлено академиком Н. М. Страховым 27 VI 1956)

В литературе по химии морских отложений отсутствуют данные о содержании обменного аммония. Исследования состава обменных катионов в морских осадках до сих пор ограничивались определением кальция, магния, калия и натрия (1,12), иногда марганца (13). Обменный аммоний может играть существенную роль среди минеральных форм азота, особенно принимая во внимание относительно высокие концентрации аммония в грунтовых растворах нижних горизонтов осадков (4,8). Помимо этого, исследование содержания обменного аммония должно помочь изучению геохимии азота, тем более, что этот вопрос до настоящего времени почти не освещен в литературе. Совместное изучение геохимии углерода и азота позволит выяснить процессы изменения органического вещества в современных осадках и ископаемых породах.

Опубликованные данные о содержании обменного аммония относятся к почвам. Наличие аммония в глинах было отмечено в 1932 г. А. А. Варовым, который указал, что аммоний может находиться не только в форме солей, но и в поглощенном состоянии (5). Л. А. Гуляева получила данные о содержании обменного аммония в илах рек, соленых и солоноватых озер и ископаемых породах. Автор использует эти данные в качестве показателя

солености морей прошлых геологических эпох (7).

В 1953 г. под руководством С. В. Бруевича нами были начаты исследования обменного аммония в донных отложениях северо-западной части Тихого океана. Определения производились в свежих натуральной влажности грунтах на борту экспедиционного судна «Витязь». Пробы осадков брались дночерпателем «Океан» и геологической трубкой и были предоставлены нам лабораторией морских отложений Института океанологии АН СССР.

Необходимость определения обменного аммония в экспедиционных условиях вызывалась отсутствием методики консервирования осадков, обеспечивающей сохранность аммония грунтов и предотвращающей распад органического вещества за время транспортировки и дальнейшего хра-

нения проб.

Как известно, наиболее распространенным способом экстракции аммония из грунта является обработка его раствором нейтральных солей: NaCl, KCl, CaCl₂. Этот способ проверен и детально разработан Л. П. Розовым (¹¹) и П. Брокертом (²), использовавшими в качестве вытеснителя хлористый калий и применившими несколько последовательных экстракций. Метод Л. П. Розова с небольшими изменениями был использован в нашей работе. Изменения состояли в том, что длительная промывка 20—25-г навески осадков на фильтре была заменена повторным экстрагированием из 5—10-г навесок грунта океанской водой. Для экстракции аммония навеска грунта взбалтывалась в центрифужном стакане в течение 5 мин. с 50 мл океанской воды, а затем осаждалась на дно с помощью центрифуги.

Применение океанской воды в качестве вытеснителя вызывалось тем, что искусственно приготовленные растворы содержат больше аммония,

м натуральная океанская вода (в наших опытах — 0,008 мг N на литр), номе этого, вытеснение обменного аммония раствором хлористого калия це вызывало помутнение и ослабление окраски во время колориметривания (², ², ¹¹). Нами наблюдалось ослабление окраски и помутнение створа для грунтов станций 2136 и 2174, видимо вследствие окисления мония в первом случае и влияния обменных катнонов — во втором. обы избежать окисления, необходимо время вытеснения аммония по вможности сократить, что достигается увеличением объема раствора, горым производится экстрагирование, и уменьшением числа экстракций. личество обменного аммония вычислялось по разности между содержати его в фильтрате после экстракции из пробы и содержанием в грунтом растворе с поправками на NH4 в океанской воде и реактивах. Опредение аммония производилось во всех случаях колориметрически по модицированному методу Ваттенберга (³) с реактивом Несслера в цилиндрах нера.

Для контроля полноты вытеснения аммония из грунта при многократзъстрагированиин и центрифугировании в сравнении с однократной обботкой мы провели такой опыт. Брали 2 навески грунта по 10 г; одну наку обрабатывали, как указано выше, а дру ую заливали 250 мл океаной воды, встряхивали в течение 5 мин. и оставляли на сутки. Содержимое и периодически (10 раз) взбалтывали, а затем в 50 мл отстоя опредеи содержание аммония. Результаты опыта приведены в табл. 1. Из этих

Таблица 1
Вытеснение обменного аммония в осадках фракционным центрифугированием и отстаиванием (мг аммония на 100 г сух. грунта)

	Метод центрифугирования						
Осадки	Фр. І	Фр. 2	Фр. 3	Фр. 4	Фр. 5	Bcero	Метод отстаи- вания
Ил алевритовый светло- коричневый, горизонт 0—5 см Ил глинистый серый, горизонт 25—53 см	0,374			0,020			0,38

ных видно, что пятикратная обработка грунта океанской водой с послеющим центрифугированием обеспечивает полное вытеснение обменного юния. Значительная часть аммония (85%) извлекается из алевритового при первых двух взаимодействиях раствора с грунтом. Из глинистого тремя последовательными экстракциями извлекалось 90,4% от общего ичества аммония. При взбалтывании и суточном стоянии пробы, залитой мл океанской воды, аммоний извлекается на 86,4—89,6% от общего сожания.

Станции, где были взяты пробы осадков и грунтовых растворов, расожены в Курило-Камчатской впадине: ст. 2096 на траверзе между. Итуруп и Симушир, ст. 2119— несколько севернее и восточнее ее, 2188— на широте г. Петропавловска. Описание осадков и результаты ана-

ов приводятся в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что содержание обменного аммония в тихоокеанских цках невелико. В 100 г сух. грунта имеется 0,32—4,40 мг NH₄ (0,02—1,05%) от суммы обменных катионов. Сумма обменкатионов или емкость обменных катионов для исследованных осадков светствует 17,3—22,7 мг-экв. на 100 г сухого грунта. Эти величины были еделены по методу Б. П. Никольского (9) с предварительным разрушем карбонатов. В глинистых илах станций 2096 и 2188 количество обмен-

Аммоний в поглощающем комплексе и грунтовых растворах осадков Тихого океана

Способ обработки проб		Центрифу- гирование	То же	Отстаивание То же	2	# #	8	
очонне МИ,	ния обмение к соде	HN	1,76	1,34	1,05	1,20	0.75	0,68
HHPIX L GW- SNNO-	ленный в % о т тонов	Кос Кос Кос Кос	0,93	1,05	0,43	0,54	0,11	0,44
100 r	В поглощаю- щем комплексе (обменный)	Mr-9KB.	0,20	0,24	0,08	0,11	0,02	0,02
мония н	В погл щем ко (обме	Mr	3,63	4,40	1,52	1,95	0.47	0,32
Содержание аммония на сух. грунта	унт.	Mr-9KB.	0,11	0,18	0,08	60,0	0,03	0,03
Содерж	в грунт.	Mr	2,06	3,27	1,45	1,62	0,62	0,47
мена 1001 вн втн	ость об гонов г-экв. г	RST KST	21,4	22,7	18,5 21,8	20,5	17,6	17,3
			1,71	1,29	1,12	0,77	1,00	0,91
	нта, %	Вля	67,5	71,7	54,0	50,3	71.5	62,3
	Осадки	Ил глинистый, тонкий, плотный, серый, с нерез- кими прослоями зеленовато-серого цвета	Ил глинистый, тонкий, серый, с зеленоватым оттенком	Ил глинистый, серый, мягкий, пластичный То же, но более плотный		Ил глинистый светло-коричневый с примесью влевнита. Встречаются галька и гоавий	То же, с бурыми примазками	
чийнь,	тэ вниб	Глу	6030		7820		5140	
RHTRE	ва тнові Бізонт вз	rqoT Joqn	1	139—158	25—53 256—276	-433	0-2	5—10
Ĥ	станци	<u>o</u> NoN	2096		2188		2119	

ного аммония несколько выше $(1,52-4,40~{\rm Mr~NH_4}$ на $100~{\rm r})$, чем в алевритовом грунте ст. $2119~(0,32-0,47~{\rm Mr~NH_4}$ на $100~{\rm r})$.

Из уравнений связи между емкостью обмена катионов и концентрадией и коэффициентами активности тех катионов в равновесном растворе (9) следует, что при постоянстве ионной силы и, следовательно, неизменности коэффициентов активности, содержания данного обменного катиона в двух системах пропорциональны его концентрации в равновесных растворах (при прочих равных условиях). С известным приближением можно принять, что эти условия имеют место в грунтовых растворах одинаковой солености при близком механическом и минералогическом составе. В таком случае отношение обменного аммония к растворенному в грунтовом растворе должно представлять величину приблизительно постоянную и уменьшающуюся с уменьшением степени дисперсности осадка. Как видно из табл. 2, это и действительно наблюдается осадков монолитов отдельных станций. С увеличением содержания в осадках крупных фракций, отношение NH_{4 обмен}/NH_{4 раствор} сильно уменьшается.

Что касается содержания обменного аммония в других объектах, TO ПО данным Л. А. Гуляевой (7) в илах солоноватых озер, степень минерализации ВОД которых (3,0-3,5%) близка к минерализации океанской воды, содержится 0,72-1,33 мг-экв. на 100 г обменного аммония, а в девонских отложениях Тепловки 0,72—1,29 мг-экв. на 100 г породы. По материалам С. А. Ковригина содержание обменного аммония в слое 3—15 см песчаной и подзолистой почв не превышае!

мг-экв. на 100 г. В болотных почвах (слой 0—15 см) количество обменномимония возрастает до 2,9 мг-экв. на 100 г. В сравнении с приведенными иными количество обменного аммония в тихоокеанских осядках очень нечико. Это обстоятельство связано с бедностью их органическим веществом, и исследованных тихоокеанских осадков содержание органического перода колеблется от 0,77 до 1,71%, в то время как в болотных почвах оравно 20—33%.

Институт океанологии Академии наук СССР Поступило 25 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 А. Д. Архангельский, Э. С. Залманзон, Бюлл. МОИП, отд. геол., 931). 2 П. Брокерт, Цит. по К. К. Гедройц, Химический анализ почв, 1932, 396. 3 С. В. Бруевич, Инструкция для гидрохимических определений в море, 1938. 4 С. В. Бруевич, Е. Г. Виноградова, Гидрохимические материа-Иизд. АН СССР, 13 (1947). 5 А. А. Варов, цит. по Л. А. Гуляевой, Диссерта-Иист. нефти АН СССР, 1953. 6 К. К. Гедройц, Химический анализ почв, — Л., 1932. 7 Л. А. Гуляева, Диссертация, Инст. нефти АН СССР. 3. 6 Е. Д. Зайцева, ДАН, 99, № 2 (1954). 9 Б. П. Никольский, Сом. методы исследов, физико-химич. свойств почв, 4, в. 3, 144 (1947). 10 Н. П. Ремев, Почвоведение, № 5 (1938). 11 Л. П. Розов, Вестн. прригации, август (1924). А. Хачванкян, Гидрохимические материалы, Изд. АН СССР, 14 (1948). С. J. Мигата, Атег. J. Sci., 37, 725 (1939).

БИОХИМИЯ

г. к. БАРАШКОВ

ОБ УГЛЕВОДАХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

(Представлено академиком А. И. Опариным 18 V 1956)

Диатомовые водоросли являются чрезвычайно интересной группой организмов не только в филогенетическом отношении, но и по их огромному значению в накоплении органического вещества на Земле (°). По имеющимся литературным данным они не накапливают в качестве запасных веществ полисахаридов (²), что свойственно большинству водорослей. Следует отметить, что до сих пор углеводный состав диатомовых водорослей не изучался химически, об углеводах этой группы растений судили лишь по микрохимическим реакциям. Так, Манжен по положительной окраске оболочки

Таблица 1 Видовой состав проб (в % по весу)

№№ проб	Tha assio- sira gravi- da, T. Nor- denskiöldii	Chaetoce- ras furcel- latus	Biddulphia aurita	Coscino- discus ccu- lus iridis	Проч.
1	87—89	0,2	9—10	0,5	0,1
2	89—91	0,3	7—9	0,5	0,1
3	33	21	6	29	11
4	21	24	11	40	4
5	27	26	8	26	11

протоплазмы рутением красным предположил наличие в диатомовых водорослях пектиновых веществ (14). К тому же выводу пришел и Либиш после окраски оболочки слабым раствором метиленовой сини (12). Наконец, по окраске препаратов клеток морской диатомеи Licmophora Lyngbiei Küt. ванилинхлоргидратом Чадефанд установил наличие «фукозана» (5). В вышедшей в 1953 г. монографии Уистлера приведены некоторые данные по углеводному составу диатомовых водорослей, которые показывают, что

в состав оболочек входит и целлюлоза (16). К сожалению, достаточных экс-

периментальных данных по этому вопросу автор не приводит.

В предыдущем исследовании нами было показано, что углеводный комплекс некоторых планктонных морских видов диатомовых водорослей имеет углеводы, растворимые в спирте и воде. Сахароза, крахмал, водонерастворимые гемицеллюлозы и клетчатка отсутствуют. Общее содержание углеводов доходит до 26—30% органических веществ водорослей (3). В данной работе приведены некоторые результаты по выделению и дальнейшему изучению углеводов некоторых видов диатомовых водорослей.

Объектом исследования служили образцы морских планктонных диатомовых водорослей, собранные в экспедиции АН СССР на морях Дальнего Востока в июне 1954 г. Все пробы на местах сборов освобождались от зоопланктона и фиксировались спиртом в отношении 5 : 1. По своему составу пробы являлись смесью различных видов диатомовых водорослей. В табл. 1 приведены результаты определения видового состава по Яшнову (4).

Из табл. 1 видно, что пробы №№ 1 и 2 состоят почти полностью из Thalassiosira с небольшой примесью Biddulphia aurita. Остальные три пробы явля-

ются типичной смесью различных видов.

Методика работы и результаты. Фиксированные водоросли отделялись от спирта—фиксатора и многократно промывались кипящим этанолом, затем эфиром и высушивались в вакуумэксикаторе над SO₄. Навески сухих размельченных проб десятикратно экстрагировались той при 40°. Такой экстракцией достигалось полное извлечение углеводов, о контролировалось определением сахаров в гидролизате по Бьерри (¹). стракты после центрифугирования упаривались в вакууме при 40°: обы №№ 1 и 2 до ¹/₅ первоначального объема, остальные — до ¹/₁₀, и центрифугировании этих упаренных экстрактов выпадал зеленоватый

док — фракция 1. Из центрифута в 90% этиловом спирте выпадал тый осадок — фракция 2, которая делялась центрифугированием. Из следнего центрифугата после удания спирта и упаривания в вакуе при 40° получалась фракция 3. ракции сушились эфиром и в ваумэксикаторе над H_2SO_4 . Во всех лученных фракциях определялась льность, азот по микро-Кьельдалю, сфор по Вайл-Малхербе и Грин (15) сумма сахаров — по реакции с аноном (9). Полученные результаты иведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что полученные ракции содержат довольно много азои фосфора. Вместе с тем методика

Таблица 2 Характеристика фракций (в процептах)

№№ проб	Фрак- ции	Зола	Азот	Фосфор	Угле- воды (сум- марно)
1 2 3 4 5	1 2 2 3 1 2 3 2 3 2	35,0 24,0 42,1 11,1 36,3 55,8 20,8 48,4 39,3 60,3 60,2	3,71 6,58 2,85 1,33 4,55 0,72 2,20 0,35 3,36 4,85 1,90	9,30 1,50 3,99 0,15 2,11 2,95 0,51 1,07 0,07 2,65 0,43	25,78 66,78 13,14 55,84 29,93 9,34 17,76 5,36 7,93 29,37 3,30

леления позволяет предположить здесь соосаждение. Предварительные нные по электрофорезу фракции 2 пробы № 5 в приборе Тизелиуса уканают на ее неоднородность. Спектроскопическое исследование фракций

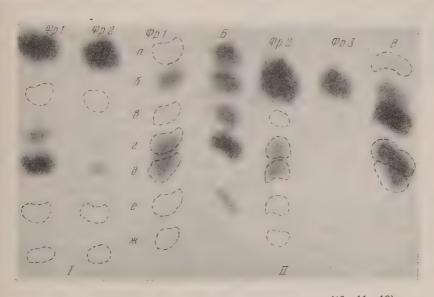


Рис. 1. I — в растворителе бутанол : этанол : вода (40:11:19); II — в растворителе бензол : пиридин : бутанол : вода (1:3:6:3). E — свидетели. E — галактоза, E — глюкоза, E — манноза и арабиноза, E — ксилоза, E — рибоза, E — рамноза, E — неидентифицированный сахар

робы № 5 проводилось на приборе ИСП-22. Оказалось, что все фракции

одержат в большом количестве Са, а также следы Mg и Р. Переосаждение основной фракции 2 проб №№ 1 и 5 спиртом не дало оложительных результатов. Содержание золы в переосажденных фракциях ало изменялось (в пробе № 1 : до переосаждения 24,0, после — 40,0%

в пробе \mathbb{N}_{2} 5: до — 60,3, после — 60,9%). Нужно отметить, что хотя после переосаждения фракции содержали меньше N и P (в пробе № 1: до 6,58% N, 1,50% P, после 4,51% N, 1,44% P; в пробе № 5: до 1,85% N, 2,65% P, после 0,91% N, 0,60% P), в них резко уменьшалось и количество углеводов (в пробе № 1: до 66,8%, после 7,47%; в пробе № 5: до 29,37%, после 6,01%).

Так как переосаждение приводило к уменьшению содержания углеводов, для последующего хроматографического анализа брались исходные фракции (см. табл. 2) Они гидролизовались $1~\mu~H_2SO_4$ (10 мг вещества, 0,5 мг кислоты) в течение 3 часов на кипящей водяной бане, после чего нейтра-



Рис. 2. Растворитель бутанол: этанол: вода (40:11:19). A, B — свидетели. a — галактоза, δ — глюкоза, δ — манноза и арабиноза, ϵ — ксилоза, ∂ — рибоза, e — рамноза. $\Gamma u \partial p$. — гидролизат спирторастворимых углеводов, Спр — раствор спирторастворимых углеводов

лизовались сухим ВаСОз по конго. На хроматографическую бумагу № 4 Ленингр. фабрики им. Володарского наносилось такое количество полученного гидролизата, которое содержало 250 у сахаров. Раствориоколо телем служила смесь н-бутанол: этанол : вода в отношении 40 : 11 : 19 (5), а для разделения галактозы и глюкозы смесь бензол: пиридин: бутанол: вода в отношении 1:3:6:3 (11). Для лучшего разделения применялось семикратное проявление в первом и трехкратное во втором растворителе. После высушивания при комнатной температуре бумага пропускалась через раствор анилинфталата и высушивалась. Окраска пятен развивалась за 15 минут в сушильном шкафу при 115°.

Из полученных хроматограмм (рис. 1) видно, что фракции 1 и 2 состоят из одних и тех же углеводов, но в разных соотношениях. Применение в качестве свидетелей чистых сахаров позволило установить наличие в гидролизатах сахаров с R_f , совпадающими с R_f галактозы, глюкозы, ксилозы, рамнозы. Фракции 1 и 2 имеют также небольшие пятна с розоватым оттенком с R_f , сходным с R_f маннозы и арабинозы, которые в данных условиях не разделяются. Кроме того, имеется пятно неидентифицированного сахара. Проявляющаяся на хрома-

тограммах рибоза принадлежит, повидимому, РНК. На хроматограммах

гидролизатов фракций уроновых кислот не обнаружено.

Для определения соотношений сахаров во фракциях из полученных хроматограмм вырезались одинаковые по площади кусочки с окрашенными пятнами и элюировались 24 часа каждое при комнатной температуре ледяной уксусной кислотой (7), после чего элюаты фотометрировались. Резуль-

таты приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что основная фракция 2 и спиртовая 3 состоят преимущественно из глюкозы. Во фракциях 1 относительно больше пентоз, состав более разнокачественен. Фракции, полученные из водных экстрактов проб №№ 3, 4 и 5, упаренных до ¹/₁₀ первоначального объема, как бы поменялись местами: фракция 1 богаче глюкозой, чем фракция 2. Очевидно, здесь происходит выпадение из раствора полисахарида при упаривании. Вместе 150

гтем во фракциях проб № 3, 4 и 5, состоящих из смеси водорослей, сахарных помпонентов больше и относительно больше пентоз. Это позволяет предпотожить некоторую разнокачественность полисахаридного комплекса разых видов водорослей.

С помощью количественной хроматографии на бумаге исследовались кже спирторастворимые углеводы. Спиртовые растворы после фиксации

промывки водорослей соедиялись вместе. После упариваия в вакууме при 40° остаток кстрагировался эфиром и высушивался. Для его обессоливаия применялся метод Мальресса (¹³). Хроматограммы олучались вышеописанным спообом. Было обнаружено три ятна: нижнее — глюкоза и ва выше нее, с меньшими ве-:ичинами R_f (рис. 2) Гидролиат очищенного раствора спирорастворимых углеводов давал а хроматограмме одно пятно люкозы. С помощью препараивной хроматографии оба пятна

Таблица 3 Соотношения сахаров во фракциях

№№ проб	Фрак-	Галак- тоза+ глю- коза	"Ара- биноза"	Кси- лоза	Ри- боза	Рам- ноза
1	1	9	+	2	6	1
2	2 2 3	24 9	2	2 4	3	1
3	1	12 5	+	Глюкоз 1	3a 1 1	1
4	2 3 2		глюкоз 1 2	а + сле 1 5	еды др. 1 5	2
5	3 2		люкоза	1		
ð	3		глюк о з	а + сле	еды др.	1

меньшими R_f , чем у глюкозы, были элюированы. Элюаты разделялись на (ве равные части, одна из которых гидролизовалась. Затем в них определянось количество сахаров по Думацерту (10). Оказалось, что эти пятна предтавляют собой олигосахариды, состоящие из двух и трех глюкозных остатов.

Автор выражает искреннюю благодарность акад. А. И. Опарину и ст. научному сотруднику Ин-та биохимии АН СССР М. С. Бардинской за ценные указания, сделанные при проведении данного исследования.

Поступило 15 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 А. Н. Белозерский, Н. И. Проскуряков, Практическое руководство биохимии растений, 1951. 2 Л. И. Курсанов, Н. А. Комарницкий, Курс низших растений, 1945. 3 Г. П. Серенков, Г. К. Барашков, Вестн. МГУ, № 12, 95 (1954). 4 В. Яшнов, Инструкция по сбору и обработке планктона, 1934. 5 Р. Блок, Р. Лестранж, Г. Цвейг, Хроматография на бумаге, ИЛ, 1954. 6 Е. Рабинович, Фотосинтез, ИЛ, 1951. 7 S. Вааг, Віоснет. Ј., 58, № 1, 175 (1954). 8 М. М. Сhadefand, С. R., 228, № 3, 270 (1949). 9 R. Dreywood, Ind. and Eng. Chem., Anal. Ed., 18, 499 (1946). 10 Chr. Dumazert, Bull. Soc. Chim. Biol., 16, 932 (1934). 11 В. D. E. Gaillard, Nature, 171, 4365, 1160 (1953). 2 W. Liebisch, Zs. f. Bot., 22, 1/2, 1 (1929). 13 F. H. Malpress, A. Morison, Nature, 164, 4179, 963 (1949). 14 L. Mangin, Ann. Sci. Nat., 9, ser. 8 (1908). 5 H. Weil-Malherbe, R. H. Green, Biochem. J., 49, № 3, 286 (1951). 6 R. Whistler, C. L. Smart, Polysaccharide Chemistry, 1953.

м. А. БОКУЧАВА, В. Н. БУКИН, Н. Н. ЕРОФЕЕВА и В. Р. ПОПОВ

Р-ВИТАМИННАЯ АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЧАЯ

(Представлено академиком А. И. Опариным 9 V 1956)

Исследование А. Курсанова, В. Букина и сотр. по биологическому испытанию катехинов и чайного таннина показало их Р-витаминное действие, т. е. способность укреплять стенки кровеносных капилляров (1,2). Результаты, полученные на животных, позволили провести испытания в ряде клиник. В настоящее время имеются данные о положительном применении таннинов чая в медицине при лечении гематурии, геморрагических диатезов,

Таблица 1

Химический состав различных типов чая, полученных из одного сырья (в % от сух. веса)

Анализируемый материал	Таннин	Кофеин	Сумма экстракт. веществ
Исходное сырье Приготовленные	25	2,35	44,3
из него: Зеленый чай Желтый " Красный " Черный " Кирпичный чай,	24,5 21,7 17,5 14,7	2,30 2,30 2,35 2,35 2,35	45,4 43,1 40,3 38,2
приготовленный из огрубевших старых листьев	10,0	1,2	28,5

кровоизлияний на дне глаза нетуберкулезной этиологии (Госпитальная терапевтическая клиника 1 Московского медицинского института); при лечении трофических язв и хронических индуративных отеков на почве рентгенотерапии (3). Физиологически ценное действие катехинов и таннинов чая побудило нас к постановке биологических опытов, в которых испытывалась Р-витаминная активность различных типов чая.

Опыты провод ились на молодых белых крысах, выращенных в одних и тех же условиях питомника Института биохимии АН СССР. В каждую группу входило 15—20 животных. Активность препаратов

определялась по увеличению прочности кровеносных капилляров. У каждого животного в начале опыта измерялось время до появления петэхий (точечных кровоизлияний), путем накладывания вакуумных присосок на брюшко крысы. Время до появления петэхий измерялось в секундах при давлении на 200 мм ниже атмосферного.

В течение опыта животные получали следующую диету (в вес %): соевый шрот — 51,3, кукуруза — 46,3, $CaCO_3$ — 0,6, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,92, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,93, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,93, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,94, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,93, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,94, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,95, $CaHPO_4 \cdot 4H_2O$ — 0,95, CaHPO

Для повышения общего обмена веществ в диету подспытных животных добавлялся йодированный казеин по 25мг на каждое животное ежедневно. Животные опытных групп каждый день получали добавки водного экстракта чая. Чайные экстракты давались пипеткой рег оз. Опыт продолжался 30 дней. На 30-й день опыта, через 3 часа после кормления испытуемым образцом чая, проводилось второе измерение времени до появления петэхий. При вычислении результатов первый промежуток времени до появления петэхий для каждого животного принимался за 100%. Животные с резкими отклонениями от показателей основной массы опытной группы в обработку не брались.

3 I серии опытов мы испытали 5 образцов чая. Содержание таннина в сильно колеблется; оно зависит от содержания его в исходном сырье способа переработки. Поэтому для лучшего сравнения между собой разных типов чая все чаи, кроме кирпичного, были приготовлены из одного

го же исходного сырья, представщего собой молодые нежные побеги ного куста. Сырье 1-го сорта, собюе в августе 1955 г. на плантациях союзного научно-исследовательо института чая и субтропических ьтур, подвергалось переработке на гной чайной фабрике в Анасеули узССР). В табл. 1 приведены дан-, характеризующие химический сосырья и полученных из него обцов чая, использованных для биогческого испытания. Кроме того, водятся данные о химическом созе зеленого кирпичного чая, привленного из огрубевших и старых гьев (4).

Для приготовления водного экстга 5 г чая экстрагировались с 50 мл

Таблица 2 Р-витаминная активность различных типов чая

	Изменение временя до появления петахий в % от первою променжутия времени. Содержание таннинов в м. нанев в м.	0,1 мл экстракта				
Зеленый чай Желтый " Красный " Зеленый кирпич- ный чай Черный чай Контрольная груп- па	75 4, 43 1, 34 1, 43 0, 59 0,	4 1 9				

чей дестиллированной воды в течение 40 минут в кипящей водяной бане. гракты в количестве 0,1 мл при помощи пипетки давались каждому годопытных животных ежедневно в течение 30 дней. Полученные резульы приведены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, среди испытанных различных типов чая большей Р-витаминной активностью обладает зеленый байховый чай,

Таблица 3 таминная активность различного тинаев после удаления из них кофенна

	Изменение вре- мени появления пстэхий в % от первого изме- рения	Содержание тан- нинов в мг на 0,1 мл экстракта
ный чай тый » сный » ный кирпичный й ный чай грольная группа	96,8 89,8 70,6 87 85,7 30,1	1,6 1,4 1,7 0,9 0,8

что можно объяснить относительно большим содержанием таннинов в нем. Животные опытных групп отличались от контрольных резкой возбудимостью, что выражалось в повышенной подвижности животных, более чувствительной реакцией на внешние раздражения. Это явление можно объяснить наличием в чае сильно возбуждающего вещества — кофеина (см. табл. 1).

Испытание чистого кофеина в средних дозах, содержащихся в образцах чая, подтвердило это положение и показало, что он не оказывает Р-витаминного действия. Учитывая, что прочность капилляров в большой мере зависит от состояния нервной системы животного, мы сочли необходимым

вести вторую серию опытов с образцами чая без кофеина. С этой целью тные образцы чая после тщательного растирания в фарфоровой ступке гократно экстрагировались сухим хлороформом для извлечения кофеина ле удаления из материала кофеина и следов хлороформа приготовлялись ные экстракты из чая тем же методом, что и в предыдущем случае габл. З приведены результаты ІІ серии опытов, в которых биологичему испытанию подвергались образцы различных видов чая без кофеина. Из данных табл. З следует, что, как и в І серии опытов, зеленый чай адает наибольшей Р-витаминной активностью по сравнению с другими ами чаев. Вместе с тем можно сделать вывод, что все чаи обладают

достаточно высокой Р-витаминной активностью. Тот факт, что зеленый ба ховый чай отличается наиболее высокой Р-витаминной активностью, об ясняется, очевидно, высоким содержанием в нем таннинов и катехино Второе место по Р-витаминной активности занимает желтый чай, затем ид зеленый кирпичный, черный и красный чай. Следует отметить, что Р-витами ная активность чая определяется не общим содержанием таннинов, а с стоянием таннинов. Так, красный и черный чай содержит больше таннино чем зеленый кирпичный, но в последнем содержится больше неокисленнь таннинов и поэтому он обладает большей Р-витаминной активностью.

В заключение необходимо отметить, что полученные данные с ново стороны освещают биологическую ценность чая. Учитывая, что чай являе ся продуктом массового народного потребления и к тому же потребляк его в значительных количествах, он становится серьезным источником в тамина Р и тем самым приобретает практически важное физиологическо значение для организма человека.

чение для организма человека

Институт биохимии им.А. Н. Баха Академии наук СССР Поступило 9 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Л. Курсанов, В. Н. Букин, К. Л. Поволоцкая, М. Н. Запрометов, Биохимия, 15, № 4 (1950). ² А. Л. Курсанов, М. Н. Запрометов, Н. Н. Ерофеева, Биохимия, 17, № 6 (1952). ³ А. Л. Курсанов В. А. Сондек, Н. Г. Неговский, А. И. Рудерман, Вестн. рентгенол. радиол., № 12 (1952). ⁴ М. А. Бокучава, Биохимические основы производств Лао-ча и зеленого кирпичного чая, М., 1955.

БИОХИМИЯ

3. С. БРОНОВИЦКАЯ

ФЕРМЕНТАТИВНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДИФОСФОПИРИДИННУКЛЕОТИДА (ДПН*) МЕНТОЛОМ В ЛИСТЬЯХ ПЕРЕЧНОЙ МЯТЫ MENTHA PIPERITA

(Представлено академиком А. И. Опариным 18 V 1956)

Окисление ментола химическим путем, приводящее к образованию советствующего кетона-ментона, разработано довольно давно (1, 2). Что касается ферментативного окисления, то в литературе встречаются укатия на возможность его осуществления в живом организме. И вестно так-, что реакции ферментативных превращений спиртов в альдегиды и

оны обратимы.

В 1900 г. Шарабо (3) при изучении эфиро-масличных растений сопостат накопление ментола и ментона в эфирном масле, выделенном из листьев соцветий перечной мяты в разные этапы ее развития, с поглощением слорода в те же периоды. На основании своих вычислений он пришел выводу, что в растении происходит окисление ментола в ментон. Исходя этого вывода, другие исследователи (4-6) пытались связать окисление нтола с различными общими, неспецифическими по отношению к спирм, окислительными ферментными системами. Их попытки, естественно, азались безуспешными. В настоящее время считается установленным, что исление спиртов катализируется ферментом алкогольдегидрогеназой. Этот рмент выделен в кристаллическом виде из дрожжей (7,8) и печени (9) и авнительно хорошо изучен.

Почти все известные до сих пор исследования ферментативного окислея спиртов алкогольдегидрогеназой проводились с первичными и вторичми спиртами алифатического ряда, а также с некоторыми полиспиртами. врментативное окисление циклического спирта — ментола ранее не было

вестно.

Прежде чем приступить к исследованию возможности ферментативного исления ментола в перечной мяте, где он находится в сравнительно больих количествах, необходимо было установить присутствие алкогольдегиогеназы в этом растении и возможные изменения ее активности в проссе вегетации.

Растения были высажены в начале мая 1953 г. Активность фермента опрепялась манометрическим методом на приборе Варбурга. Источником фернта служила суспензия листьев первого и второго ярусов, а также суензия соцветий. В качестве субстрата применялись этиловый и изопропило-

й спирты, а также ментол.

При этом установлено, что в листьях перечной мяты на определенных станих развития растений манометрическим методом можно обнаружить гивность алкогольдегидрогеназы, способной окислять примерно с одинавой скоростью как этиловый, так и изопропиловый спирты. Эта способсть утрачивается листьями с появлением соцветий. Окисление же ментола спензией из листьев манометрическим методом уловить не удалось. Это жно объяснить весьма малой растворимостью ментола в воде (40 мг в) мл воды) и высоким содержанием собственных субстратов в растительм материале. В суспензии из соцветий манометрическим методом нельзя по обнаружить активности ни с одним из названных субстратов.

В 1954 г. опыты были продолжены, но уже с помощью другого, более чувствительного метода. Об активности алкогольдегидрогеназы мы судили по восстановлению ДПН+ в ДПН. Н в присутствии того или иного спирта. Образование одной молекулы восстановленного ДПН соответствует окислению молекулы спирта в альдегид или кетон. Восстановление ДПН+ определялось по изменению поглощения света реакционной смесью при х 340 мм в спектрофотометре Бекмана. Диаметр кюветы — 1 см.

Чтобы получить более концентрированные растворы фермента и избегнуть вмешательства собственных субстратов, вместо суспензии из листьев

перечной мяты применялись ферментные препараты.

Препараты готовились следующим образом: навески листьев 1-го и 2-го ярусов тщательно промывались водопроводной водой, ополаскивались дестиллятом, растирались с дестиллированной водой в соотношении 1:4 и экстрагировались в течение 30 мин. на льду, при нечастом помешивании. Грубые остатки удалялись отжиманием через ткань, экстракт центрифугировался по возможности при охлаждении. Полученный центрифугат насыщался приблизительно на $^{1/}{}_{3}$ сернокислым аммонием прибавлением равного объема насыщенного раствора сернокислого аммония, предварительно нейтрализованного аммиаком. Осадок отделялся центрифугированием. К центрифугату прибавлялся равный объем насыщенного раствора сернокислого аммония. Образующийся осадок после центрифугирования суспендировался в 5—10 мл 0,025 М фосфатного буфера рН 7,4. Суспензия диализировалась против такого же буфера при 4°, до полного удаления (NH₄)₂SO₄. Выпавший осадок после центрифугирования отбрасывался. Фермент находился в темноокрашенной жидкости. Субстратом служили этиловый и изопропиловый спирты, а также ментол. Вследствие низкой растворимости ментола последний вводился в реакционную смесь в виде насыщенного раствора, в количестве 10 мл. Семикарбазид, часто применяющийся для фиксации образующегося альдегида, в реакционную смесь не вводился, так как было найдено, что его

Таблица 1

Окисление спиртов препаратами из листьев перечной мяты, выраженное в изменении коэффициента поглощения света при $\lambda~340~{\rm M}\mu.$

Реакционная смесь: 0,2 мл раствора фермента + 3,5 мл 0.025 M фосфатного буфера рН 9 + 0,3 мл этилового или изопропилового спирта, либо 10 мл насыщенного раствора ментола + 1 мл раствора ДПН (2 мг). В случае первых двух субстратов по окончании реакции добавляли еще 10 мл дестиллята. Контроль содержал все вещества, кроме субстрата

Дата определения	Этиловый спирт	Изопропиловый спирт	Ментол
10 VII 15 VII 17 VII* 18 VII 20 VII 22 VII 28 VII 30 VII 31 VII 5 VIII	0,160 0,040 0,028 0,017 0,025 0,016 0,000 0,000 0,000	0,081 0,064 0,031 0,022 0,011 0,000 0,000	0,121 0,033 0,015 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000

^{*} Появились зачатки соцветий.

прибавление не увеличвает количества восстановленного ДПН. Об окислении спиртов можно было судить по изменению оптической плотности раствора. Это изменение прямо пропорционально количеству восстановленного ДПН и, следовательно, количеству окисленного спирта, в том числе и ментола.

Как видно из табл. 1, алкогольдегидрогеназа листьев перечной мяты, выделенная в виде малоочищенного препарата, способна в присутствии дифосфопиридинового нуклеотида (ДПН) окислять не только первичные

вторичные спирты алифатического ряда, но и вторичный циклический трт—ментол, являющийся одним из важнейших компонентов эфирного ела перечной мяты. Алкогольдегидрогеназная активность препаратов листьев полностью утрачивается с появлением ясно выраженных соцвеі, но дольше всего сохраняется для изопропилового спирта, который обще окисляется полученными препаратами более интенсивно, чем этизый спирт и ментол.

В природе ментол в значительных количествах содержится лишь в негорых эфиро-масличных растениях. Можно былю бы поэтому предполоть и некоторую специфичность к этому спирту у фермента мяты в отли-🗈 от алкогольдегидрогеназы других растений, а также дрожжей. Для яснения этого вопроса было изучено отношение к ментолу алкогольдегиэгеназы из прорастающих семян пшеницы сорта «Московка» урожая 51 г. и из дрожжей. Получение препаратов и определение их активности оизводилось по уже описанному способу.

Кроме того, необходимо было установить, не оказывают ли препараты листьев мяты, снятых с несущих соцветия растений и, следовательно, ративших способность окислять ментол, ингибирующего действия на акзность алкогольдегидрогеназы из пшеницы. Результаты этих опытов при-

дены в табл. 2.

Таблица 2

Окисление спиртов препаратами из дрожжей и из прорастающих семян пшеницы, выраженное в изменении коэффициента поглощения света при λ 340 мµ

Реакционная смесь: 3.0 мл 0.025 M фосфатного буфера рН 9+0.2 мл препарата +1 мл раствора ДПІН $(2\,$ мг) $+0.3\,$ мл 50% раствора этилового спирта, либо $10\,$ мл насыщенного раствора ментола. В контроле субстрат заменен дестиллированной водой

	Этиловый спирт	Ментол
0,2 мл препарата из дрожжей (выделен. по Рэкеру (8))	0,086 0,108 0,083	0,018 0,024 0,036
0,2 мл препарата из семян пшеницы после 24 час. проращивания	0,125 0,123 0,107	0,010 0,012 0,010
То же + 0,2 мл препарата из листьев мяты после появления соцветий	0,000	0,000 0,000

Оказалось, что алкогольдегидрогеназа из прорастающих семян пшеницы из дрожжей также способна при определенных условиях окислять ментол. о окисляемость ментола составляет лишь $^{1/}_{10}$ — $^{1/}_{12}$ окисляемости этапола тя фермента пшеницы н $^{1}/_{3}$ — $^{1}/_{5}$ для фермента дрожжей. Эта способность, ак видно из табл. 2, теряется при инкубировании фермента с препаратами з листьев мяты, не обнаруживающих алкогольдегидрогеназной активности, е. из листьев растений, несущих соцветия.

Предварительное внесение в реакционную смесь 2 мг цистеина не предораняет фермент от инактивирования. В проростках пшеницы, отделенных г эндосперма, алкогольдегидрогеназная активность крайне мала.

Институт биохимии им. А. Н. Баха Академии наук СССР

Поступило 12 XI 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ E. Beckmann, Ann., 250, 325 (1886). ² G. Vavon, C. R., 155, 286 (1912). E. Charabot, Bull. Soc. Chim. de Paris, 3 s. r., 23, 466 (1900); C.R., 130, 518 (1900). S. Brooks, J. Am. Chem. Soc., 34, 67 (1912). ⁵ S. M. Gordon, Bot. Gaz., 221 (1928); 86, 110 (1928). ⁶ H. Вакуленко, Вісн. Київськ. ботаніч. саду, В. 8, 171 (1947). ⁷ E. Negelein, H.-J. Wulff, Biochem. Zs., 293, 351 (1937). E. Racker, J. Biol. Chem., 184, 313 (1950). ⁹ H. Theorell, R. Bonnichsen, cta Chem. Scand., 5, 325 (1951).

БИОХИМИЯ

[И. Л. KAI AHOBA] и действительный член АМН СССР В. Н. ОРЕХОВИЧ

о природе ферментов транспептидации

Ранее нами было показано, что этиловый эфир тирозина представляет собой подходящий субстрат для реакции транспептидации, осуществляемой с помощью химотрипсина (1). В инкубируемой пробе наряду с гидролизом эфира тирозина протекал синтез различных пептидов в результате переноса тирозинового остатка эфира тирозина на другую молекулу эфира тирозина или молекулу добавленного акцептора. В данной статье описываются результаты наших опытов по синтезу пептидов путем транспептидации из эфиров аминокислот ферментами, выделенными из тканей животных.

В качестве источника ферментов мы использовали водные экстракты из почек и печени морской свинки, почек и печени крысы, почек свиньи. Экстракты готовились следующим образом. Свежая ткань измельчалась в дестиллированной воде. Гомогенат центрифугировался 10 мин. Центрифугат диализовался с перемешиванием против дестиллированной воды, затем снова центрифугировался на скоростной центрифуге (16000 об/сек.). Полученные прозрачные растворы использовались в качестве ферментных

препаратов.

Опыты проводились при рН среды 4,8—9,0 и температуре 35°. Время инкубации от 1 до 18 час. Субстратом во всех опытах служил этиловый

эфир тирозина (хлоргидрат) в концентрации 0,4 М.

Реакция в исследуемой пробе прекращалась осаждением белков двумя объемами спирта. Смесь центрифугировалась, и центрифугат выпаривался досуха в эксикаторе. Осадок растворялся в воде и анализировался хроматографически.

Нами было обнаружено, что экстракты из различных органов гидролизуют эфир тирозина при различных значениях рН среды. Оптимум расщепле-

ния эфира тирозина лежит в нейтральной зоне, рН 7.

В первой серии опытов мы инкубировали эфир тирозина без каких-либо добавок. В результате этих опытов было показано, что при рН среды 5,0, наряду с гидролизом эфира тирозина, протекает синтез пептидов тирозина, о чем мы судили по появлению нового пятна на хроматограммах. При инкубации свободного тирозина новых пятен на хроматограммах не появлялось. Синтез пептидов отсутствовал и в опытах с прокипяченным экстрактом.

Синтезированные пептиды экстрагировались из бумаги, гидролизовались 6 н HCl. В гидролизате был обнаружен только тирозин. Определялась концевая аминокислота аминного конца пептида при помощи фтординитробензола по методу Сангера (2). Концевой аминокислотой оказался тирозин.

Положение на хроматограмме нового пятна соответствовало положению пептида тирозина в опытах с химотрипсином. Повидимому, в данном случае синтезированный пептид представлял собой дипептид или эфир дипептида

тирозина, как и в опытах с химотрипсином.

В следующей серии опытов к эфиру тирозина добавлялись различные аминокислоты и пептиды в качестве возможных акцепторов тирозина в реакциях транспептидации: глицин, лейцин, глицилглицин, лейцилглицин, глицилтирозин, лейцилглицин (концентрация 0,1—0,4 M). Результаты этих опытов представлены в табл. 1.

При инкубации эфира тирозина со свободными аминокислотами и три-

тидом новые пятна на хроматограммах не появлялись. Синтез новых пепзв протекал только с глицилглицином, глицилтирозином, лейцилглици-Вновь синтезированные пептиды подвергались гидролизу 6 н HCl, седелялся их аминокислотный состав, а также N-концевая аминокислота четоду Сангера. Во всех случаях при гидролизе пептидов к имеющемуся гаву аминокислот добавлялся тирозин. Концевой аминокислотой был же тирозин.

Величина R_f новых пептидов на хроматограмме соответствовала R_f тидов, синтезированных из эфира тирозина и дамных пептидов в реакции

имотрипсином. На этом осношии можно было предполагать, были синтезированы следуцие пептиды: тирозилглициллцин, тирозиллейцилглицин,

розилглицилтирозин.

Необходимо отметить, что в ытах с тканевыми экстракта, так же как и в опытах с мотрипсином, синтез пептиз не осуществлялся со сводными аминокислотами, приненными в качестве акцептов. Таким образом, за исключием трипептида лейцилглилглицина, замещающие агенты ентичны в обоих случаях.

Таблица 1 Синтез пептидов в тканях

			Akı	цептор	ы		
Субстрат	эф. Т	Ĺ	Ę	IT	ЛГ	ΓŢ	JILL
Эфир тиро-	+	—		+	+	+	

* Примечание. эф. Т — эфир тирозина, Г — глицин, Л — лейцин, ГГ — глицилглицин, ЛГ — лейцилглицин, ГТ — глицилтирозин, ЛГГ — лейцилглицилглицин + синтез пептидов, — отсутствие синтеза.

На основании полученых результатов можно было предполагать, что нтез данных пептидов в тканевых экстрактах осуществляется тканевым отеолитическим ферментом, обладающим специфичностью, подобной мотрипсину, т. е. катепсином С. Для выяснения природы фермента, осужетвляющего данную реакцию транспептидации, были получены препараты ищенного катепсина С из почек свиньи и морской свинки путем фракционования сернокислым аммонием. Для этой цели использовался нескольком мененный метод Фрутона получения экстрактов катепсина С из селезенки ка (3). Полученные препараты обладали высокой протеолитической, а кже транспептидазной активностью (протеолитическая активность опреслялась по методу Ансона с гемоглобином (4)).

Для дальнейшей очистки препарата катепсина С мы применили метод лектрофореза на крахмале. Крахмал предварительно промывался водой затем насыщался вероналовым буфером рН 8,6. Опыты проводились с очиенным препаратсм катепсина С из почек в вероналовом буфере рН 8,6 и напряжении тока 350—400 в и силе тока 15—20 ма. Продолжительность лектрофореза колебалась в пределах от 5 до 24 час. После окончания элегрофореза с крахмала снимался отпечаток на бумаге, который прокраивался обычной краской для белков (1%-й раствор HgCl₂, 0,05%-й раствор омфенолбляу в 2%-й уксусной кислоте). Согласно этому отпечатку крахал разделялся на 5—6 фракций, каждая из которых экстрагировалась одой или 0,9%-м раствором NaCl. После тщательного растирания крахмал

далялся фильтрованием.

В результате были получены следующие данные: фракция, в которой ыла сосредоточена основная протеолитическая активность (фракция кансина С) не расщепляла эфир тирозина, т. е. не обладала эстеразной акменостью. Транспептидазная активность также не была обнаружена. аши данные согласуются с данными Фрутона, который наблюдал, что чищенный катепсин С из селезенки быка не гидролизует эфир тирозина). Исходя из полученных нами данных, можно было допустить, что ферменом, ответственным за транспептидацию является не катепсин С как мы предолагали раньше, а эстераза, расщепляющая эфир тирозина.

Мы предприняли работу по выделению эстеразы из водных экстрактов печени крысы. Для этого применялся метод электрофореза на крахмале в вероналовом буфере при рН 8,6 (эстеразная активность определялась по методу Хестрина с некоторыми изменениями (%)). Выделенная таким образом эстераза оказалась не специфичной по отношению к эфиру тирозина. Она также хорошо расщепляла эфиры фенилаланина, лейцина, валина, аргинина. Транспептидазная активность в этой фракции отсутствовала.

Таблица 2

Сопоставление ферментативных активностей экстрактов в различных условиях опыта

Ферментативн. активность	Экстракты, про- пущ, через крах- мальн, колонки, несъщение ве- ронал, буфером рН 8,6	Экстракты + цистеин (и,014М)+ +глютатион (0,11М)	Экстракты+ + <i>DFP</i>
Протеиназная Пептидазная Эстеразная Транспептидазная	+ + -	++	++

На основании этих данных можно было предположить, что в описанных выше условиях опыта происходит адсорбция на крахмале специфической эстеразы, расщепляющей эфир тирозина и осуществляющей транспептидацию, или же адсорбция фактора, необходимого для осуществления реакции транспептидации данной эстеразой. Для выяснения этого вопроса ставились опыты на крахмале в вероналовом буфере рН 8,6 с цельными экстрактами без электрофореза. Было обнаружено, что активные экстракты после прохождения их через крах-

мальные колонки теряли транспептидазную активность. Протголитическая и эстеразная активности сохранялись. Только вслучае насыщения крахмала 1%-м раствором NaCl или фосфатным буфером рН 6,8 в 1%-м растворе NaCl и боратным буфером рН 7,45 в 1%-м растворе NaCl транспептидазная активность сохранялась.

Для сопоставления протеолитической, пептидазной, эстеразной и транспептидазной активностей нами была поставлена серия опытов с ацетоновым препаратом из свиных почек (пептидазная активность определялась по расщеплению пептидов — глицилглицина, глицилтирозина, лейцилгли-

цина).

Результаты этих опытов представлены в табл. 2. Как отмечалось ранее, при прохождении активных растворов через крахмальную колонку протеолитическая, пептидазная и эстеразная активности сохраняются, транспептидазная активность исчезает. При инкубации проб с цистеином в концентрации 0,014 М и с глутатионом в концентрации 0,11 М наблюдается небольшое повышение протеолитической активности, пептидазная активность сохраняется, эстеразная и транспептидазная активности целиком исчезают. При добавлении к пробам диизопропилфторфосфата протеолитическая и пептидазная активности сохраняются, эстеразная и транспептидазная активности исчезают.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы: 1) эфир тирозина расщепляется тканевыми экстрактами из печени и почек морской свинки и крысы, а также из почек свиньи; 2) катепсин С не расщепляет эфир тирозина; 3) наряду с гидролизом эфира тирозина в тканях протекает реакция транспептидации. Таким путем осуществлен синтез ряда пептидов; 4) очищенные препараты катепсина С и эстеразы тканей транспептидазной активностью не обладают.

Институт биологический и медицинской химии Академии медицинских наук СССР

Поступило 21 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. Л. Каганова, В. Н. Орехович, ДАН, 95, № 6 (1954). ² F. Sanger, Biochem. J., 39, 507 (1945). ³ J. Fruton, М. Вегд шапп, J. Biol. Chem., 130, 19 (1939). ⁴ М. Апѕоп, J. Gen. Physiol., 22, 79 (1938). ⁵ D. Wiggans, M. Winitz, J. Fruton, Jale J. Biol. Med., 27, 1, 11 (1954). ⁶ S. Hestrin, J. Biol. Chem., 180, 249 (1949).

БИОХИМИЯ

Л. Г. РАЗИНА

БИОСИНТЕЗ КАРНОЗИНА МЫШЕЧНОЙ ТКАНЬЮ IN VITRO

(Представлено академиком В. А. Энгельгардтом 11 VI 1956)

Благодаря достигнутым за последние годы успехам по выяснению физиоической роли карнозина и ансерина (1-3), изучение процессов синтеза аспада этих соединений приобретает все большее значение. В то время с по вопросу о расщеплении карнозина и ансерина накоплен значительй фактический материал, о биосинтезе этих дипептидов до сих пор известгочень мало. Лишь недавно было установлено, что образование карнозина нсерина в организме кролика, крысы и цыпленка идет путем конденсации тавляющих их аминокислот ($^{4a,6-7}$). Вопрос о месте синтеза этих соединий до последнего времени оставался спорным. Согласно более старой ке зрения карнозин мышц синтезируется в самой мышечной ткани . В более поздних исследованиях главная роль отводилась печени 10). Последнее представление оказалось ошибочным, так как было покаю, что меченый гистидин включается в карнозин мышц гепатэктомироных крыс с такой же, или даже с большей скоростью, чем у контрольх животных (7). Для установления места синтеза карнозина, а также для учения механизма его образования важно было выяснить вопрос о возможсти осуществления данного процесса в переживающей ткани. Поэтому воей работе мы сделали попытку осуществить синтез карнозина мышечй тканью в опытах in vitro, используя для этой цели меченый гистидин 14. В своих экспериментах мы использовали молодых кроликов в возрае от 3 до 5 дней, поскольку ранее было показано (4^а), что эти животные едставляют очень удобный объект для изучения синтеза карнозина. то же время мы полагали, что мышцы молодых животных будут лучше реносить условия инкубации, чем мышцы взрослых животных. Опыты вились с полосками мышц, так как известно, что приготовленные таким разом препараты мышечной ткани длительное время сохраняют уровень рего обмена постоянным (11). Инкубация проводилась в 10,4 мл фосфатного рерного раствора, без KCl, при рН 7,4—7,5 (12). В пробу добавлялись глюва, до конечной концентрации ее в смеси 0.2%, 0.6 мг β -аланина и 1 мг диогистидина с активностью 2 000 000 имп/мин. Мышечная ткань бралась оличестве 2 г на пробу. Смесь насыщалась 5 мин. кислородом и инкубивалась при 37,5° в течение 4 час. По окончании инкубации белки осаждась трихлоруксусной кислотой. Конечная концентрация ее в среде составла 5%. Затем ткань растиралась и центрифугировалась, и центрифугат проб объединялся вместе. Выделение карнозина из центрифугата провопось следующим образом. Карнозин совместно с гистидином осаждался тным реактивом $(^{4_{\rm B}})$, осадок 3-4 раза промывался водой, к которой бавлялось небольшое количество осаждающего реактива. Таким образом стигалось удаление основной массы аминокислот. Следующим этапом истки было отделение карнозина как от оставшихся аминокислот, так от радиогистидина и присутствующих в нем радиоактивных загрязнений. личество этих примесей, как показало хроматографическое изучение раогистидина, было очень незначительным (1—2%) по сравнению с общей 161

активностью препарата. Однако они распределялись по всему ходу хроматограммы, в том числе и на месте расположения карнозина. Последнее обстоятельство могло привести к существенным ошибкам при определения радиоактивности дипептида. Поэтому для проверки полноты удаления радиоактивных примесей одновременно с изучаемыми всегда ставились контрольные неинкубирующиеся пробы, содержащие то же количество ткани и те же добавки. На этой стадии дальнейшая очистка карнозина проводилась

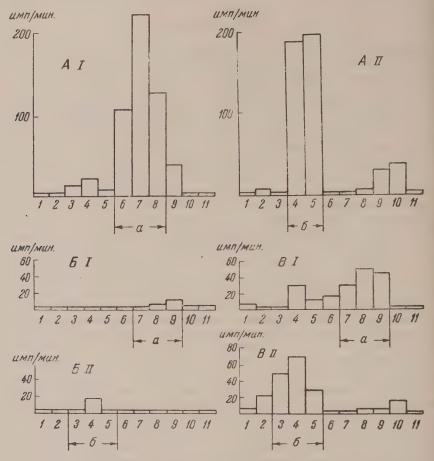


Рис. 1. Радиоактивность карнозина до гидролиза (I) и после гидролиза (II), измеренная на хроматограмме. По оси абсцисс отложены номера квадратов хроматограммы, a — расположение пятна карнозина; δ — расположение пятна гистидина (хроматограмма проявлялась нингидрином). A — опытная проба; δ — контрольная проба; δ — опытная проба с динитрофенолом

методом восходящей хроматографии на бумаге (13), путем 5—7 повторных хроматографирований проб в двух растворителях: 80%-м водном феноле насыщенном парами соляной кислоты, в котором хорошо разделяются гистидин, карнозин и ансерин (48) и в 60%-м водном пиридине. При хроматографировании растворители чередовались следующим образом: 1— пири дин (1 хроматографирование); 2—фенол + HCl (2—3 хроматографирования) 3— пиридин (1 хроматографирование); 4— фенол + HCl (1—2 хроматографирования). Смена растворителей способствовала лучшему отделения карнозина от радиоактивных примесей. Проведение хроматографировани проводилось по методике, описанной в (4r). Обычно на одну хроматограмм размером 56×30 см наносился экстракт двух проб. При повторны хроматографированиях в феноле с HCl бумага высушивалась и без проявле

по снова погружалась в растворитель. При смене растворителя готовилась вая хроматограмма. Она составлялась путем прикрепления полосы с онозином, взятой из предыдущей хроматограммы, к чистому листу хромарафической бумаги. Удаление растворителей с бумаги проводилось при инатной температуре в токе воздуха. Остатки фенола после этого экстрановались сначала в ваночке эфиром, а затем в аппарате Сокслета ацетом. По окончании хроматографирований карнозин экстрагировался с бумаги 10 раз горячей водой. Экстракт упаривался до небольшого объема, и в нем, ле установления концентрации карнозина нингидриновым методом (14), по диазореакции (15) проводилось определение радиоактивности дипепа. Для этого из экстрактов готовилась хроматограмма, на которую на-

Таблица 1 Радиоактивность карнозина мышц и гистидина, полученного после гидролиза карнозина

			_			
Дата опыта	Возраст живот- ных в днях	№№ проб	Средний вес жи- вотных, г	Активность кар- нозина имп/мин/мг	лктивность икс- тидина после ид- ролиза карнозина имп мин/мг	Включение до- бавл. гистидина в карнозин, %
15 VII—55 г.	3-5	1 опыт	129	14256	13775	0,99
25 ІХ—55 г.	35	2 контр. 3 опыт	118	1446 33440	21824	
	0 0		71 78	42743	24402	
		4 _" 5 ",	77	33333	28523	
		6 контр.	64	3985		-
		7 "	65	4681		<u> </u>
1 II—56 г.	_	8 "	450	3453	-	4.0
1 11-30 F.	5	9 опыт 10 *	152 135	16815	22121	1,2
		11 оп. + ДНФ	110	1359() 4473	15558 4564	1,0
		12 то же	110	4575	3949	1,2
	14	13 , , *	193	5314	3860	
	14	14 контр.*	193	867		angemen.
		1		,		

^{*} Хроматограммы проб использованы для рис. 1.

илось определенное количество карнозина, обычно $80-100~\mu r$ в одну ку. Хроматографирование проводилось в водном феноле с НС1. После оявления хроматограммы 0,04%-м спиртовым раствором нингидрина нее вдоль, по ходу движения растворителя, вырезались полоски, проходяе через пятна карнозина. Полоски разрезались на квадраты, радиоактивть которых определялась на обычных мишенях с помощью счетчика гера — Мюллера. Как видно из рис. 1, на хроматограмме инкубировавкся проб был обнаружен только один большой пик радиоактивности (0,1,A), расположенный на месте карнозина. Величина этого пика во много превышала соответствующие значения контрольных проб (рис. 1, B). ученные данные свидетельствовали о том, что в процессе инкубации включение меченого гистидина в карнозин. Для подтверждения вышезанного положения был проведен гидролиз карнозина. Как и следовало дать, радиоактивность на хроматограмме гидролизата обнаруживалась ь на месте расположения гистидина. Этот факт убедительно показал, что моактивность карнозина была обусловлена наличием в его молекуле меого гистидина. Таким образом, полученные результаты дают возможность почить, что в проведенных опытах происходил биосинтез пептидной и дипептида карнозина.

(ак известно, процессы синтеза пептидной связи резко тормозятся при диении образования в ткани АТФ ядами, разобщающими дыхание

и фосфорилирование. Поэтому были поставлены опыты с одним из таких ядов — 2,4-динитрофенолом. Полученные результаты (рис. 1,B) показали, что яд, добавленный в концентрации $5 \cdot 10^{-4}~M$, в значительной степени уменьшал включение меченого гистидина в карнозин. Можно, таким образом, сделать вывод, что синтез карнозина, так же как и синтез других пептидных связей, находится в зависимости от наличия в ткани богатых энергией соединений.

Для количественной оценки наблюдаемого нами процесса было проведено определение активности, приходящейся на 1мг выделенного после хроматографирований карнозина. Полученные данные, представленные в табл. 1, подтвердили сделанный нами при анализе хроматограмм вывод о синтезе карнозина в препаратах мышц. Было получено довольно хорошее совпадение величин активности карнозина и гистидина, после гидролиза дипептида. Для некоторых проб мы рассчитали процент включения метки. Оказалось, что за 4 часа инкубации в карнозин включалось около 1% меченого гистидина.

Определенный интерес представляет вопрос о возможности образования карнозина в печени, так как концентрация дипептида в этом органе в 10 раз выше, чем в крови (^{4д}). Поэтому были поставлены опыты по биосинтезу карнозина срезами печени молодых кроликов. Нам не удалось обнаружить включения меченого гистидина в добавленный к срезам карнозин. Однако для окончательного решения поставленного вопроса необходимы дальнейшие исследования. Доказательство возможности биосинтеза карнозина мышцами in vitro подтверждает ранее сделанный вывод (⁷) о том, что образование этого дипептида в организме происходит в мышечной ткани.

Приношу глубокую благодарность проф. Н. А. Юдаеву за руководство

и постоянное внимание при проведении настоящей работы.

Институт биологической и медицинской химин Академии медицинских наук СССР Поступило 20 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. Е. Северин, Усп. биол. хим., **2**, 355 (1954). ² С. Е. Северин, 8 Всес. съезд физиол., биохим., фармакол., 536 (1955). ³ Н. П. Мешкова, 8 Всес. съезд физиол., биохим., фармакол., 415 (1955). ⁴ Н. А. Юдаев, а) ДАН, 72, № 6 (1950); б) 82, № 4 (1952); в) 67, № 6 (1949); г) 71, № 4 (1950); д) 82, № 3 (1952). ⁵ Р. Магті попі, Т. Winnick, J. Biol. Chem., **208**, № 1, 251 (1954). ⁶ W. S. Harms, T. Winnick, Biochim. Biophys. Acta, **15**, № 4, 480 (1954). ⁷ Н. А. Юдаев, Л. Г. Разина, 8 Всес. съезд физиол., бнохим., фармакол., 705 (1955). ⁸ Н. М. Williams, W. А. Кгеhl, J. Biol. Chem., **196**, 443 (1952). ⁹ А. Н. Паршин, Т. А. Горюхина, ДАН, 88, 113 (1953). ¹⁰ Т. А. Горюхина, Сб. Вопросы биохимии мыши, **207** (1954). ¹¹ Н. В. Richardson, E. Shorr, R. O. Loelel, J. Biol. Chem., **86**, 551 (1930). ¹² Н. П. Мешкова, Н. А. Малышева, ДАН, **81**, 247 (1951). ¹³ R. Williams, H. Kirby, Science, **107**, 481 (1948). ¹⁴ Т. С. Пасхина, Биохимия, **19**, № 6 (1954). ¹⁵ Н. Т. Масрherson, Biochem. J., **36**, 59—63 (1942).

БИОХИМИЯ

В. Е. СОКОЛОВА и О. Н. САВЕЛЬЕВА

ОБЕННОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

(Представлено академиком А. И. Опариным 4 VII 1956)

Работами нашей лаборатории показано, что избирательное отношение условиям среды проявляется у растительных организмов прежде всего ом, что одни и те же изменения внешних условий вызывают у разных тений различные сдвиги в ходе обмена веществ. Так, при изучении влиятемпературы на дыхательный газообмен озимой и яровой пшеницы уставлено, что дыханию этих форм свойственна различная реакция на темпетуру, причем характер реагирования каждой из них отражает приспособность к тому температурному режиму, на фоне которого складывались

особенности (1).

Дальнейшие исследования показали, что приспособление процессов дыхаг растительных организмов к изменяющимся температурным условиям
ды достигается путем совместного действия различных оксидаз, отличаихся друг от друга характером зависимости от температуры. В частности,
подов цитрусовых ферменты остаточного дыхания оказались более присобленными к условиям сравнительно пониженных температур, мало
гоприятных для действия металлсодержащих оксидаз (2). С другой стороны,
облок было обнаружено отсутствие закономерной связи между темпераой с активностью полифенолоксидазы, тогда как активность цитохромгидазы находилась в прямой зависимости от изменений температурного
ктора (3). На основании результатов этих исследований можно было
едположить, что различная реакция процессов дыхания озимых и яровых
ениц на температуру определяется долей участия той или иной оксиы, или группы оксидаз в дыхательном газообмене этих форм.

Для выявления роли отдельных оксидаз в дыхательном газообмене імых и яровых растений мы провели наблюдения над изменением чвности окислительных ферментов озимой, озимой яровизированной и овой пшеницы в ходе развития растений. Как яровая (Лютесценс 062), ти озимая (Украинка) пшеницы были высеяны в поле в одно го же время — весной 1954 г. На фоне различных температур (10 40°) раздельно определялась активность металлсодержащих фермен-- полифенолоксидазы, аскорбиноксидазы, цитохромоксидазы в срелистьев (манометрическим методом — по поглощению кислорода) пероскидазы — в суспензии (методом Михлина и Броновицкой (4)). новременно проводились определения интенсивности дыхания (общее кание) и суммарной активности ферментов флавопротеинового комплекса к называемое остаточное дыхание) путем подавления металлсодержащих ментов азидом натрия. Разность показателей интенсивности общего остаточного дыхания отвечала уровню так называемого подавляемого хания, т. е. той части процессов дыхательного газообмена, которая ществляется с помощью металлсодержащих оксидаз. Таким образом, ппа металлсодержащих ферментов характеризовалась как прямым оеделением активности отдельных оксидаз, так и косвенно — по интенности подавляемого дыхания.

Результаты определений, полученные для озимой и яровой пшеницы, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение интенсивности дыхания и активности окислительных ферментов листьев озимой и яровой пшеницы в ходе развития растений

		Дыхание							Ферменты							
	сутках)		00	бщее	Подав-		Остаточное			Аско бин оксид	идаза и J ₂ за на 1 г					
Вариант	Возраст (в	Фаза роста	рл O ₅ на 1 г сыр. веса в % от общего дыха-							ero					Пероксидаз (мл 0,1 н 1 ₂ 3 мин. на 1 сыр. веса)	
	Воз		10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°
Озимая, Украинка	4 15 30 40 55	Появление 2-го листа Начало кущения Кущение	148 177 182	1034 1094 710 916 1062	35 38 0,0	231 1 8 1	115 139 185	861 529 562	76 79 101	75 61	161 95 352 264 416	0,0 273 72		обнаруз	16 32 25 15 22	37 48 23 29 28
Яровая, Лютес- ценс 062	4 15 30 40 55	Появление 2-го листа Начало кущения Выход в трубку Колошение	209	806 995 1125 1217 1106	0,C	101 440	202 194	894 685 97 5	85 100 107	87 90 61 80 96	236 34 269 227 259	не обнаружена	0,0 48 22 24 —	не обнаружена	20 36 23 16 23	43 44 27 29 28

Данные табл. 1 показывают, что доля участия ферментов остаточного дыхания у пшеницы озимой, как правило, меньше, чем у пшеницы яровой. Эта разница особенно резко выражена на фоне температуры 10°. С другой стороны, при тех же 10° активность полифенолоксидазы озимой пшеницы значительно превышает активность этого фермента у пшеницы яровой. По средним данным при этой температуре уровень остаточного дыхания у озимой формы в полтора раза ниже, чем у яровой, тогда как активность полифенолоксидазы более чем в 2,5 раза выше активности того же фермента у яровой (табл. 2).

Таблица 2 Интенсивность дыхания и активность оксидаз листьев озимой и яровой пшениц (средние данные за сезон)

			Дых	ание		Ферменты						
	, ,	вляе-	Остаточное				Поли ноло да:	кси-	Аскорбин- оксидаза		Перокси- даза (мл С.1 н Ј ₂	
Вариан т	рл (О₂ на 1	г сыр	. веса		от цего ания	µn](О₂ на 1	1 гсыр. веса		за 3 мин.	
	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°
Озимая, Украинка	60	364	116	599	66	62	67	0,0	258	84	22	33
Яровая, Лютесценс 062	7	187	215	683	99	65	24	0,0	265	0,0	24	34

Сопоставляя эти данные, можно предположить, что при пониженных температурах дыхание яровой пшеницы обеспечивается главным образом ферментами флавопротеинового комплекса, тогда как у озимой в тех же условиях доминирующая роль принадлежит полифенолоксидазе.

Следует отметить, что как в действии полифенолоксидазы, так и в действии аскорбиноксидазы не наблюдается прямой зависимости от температуры.

повышении температуры от 10 до 40° активность аскорбиноксидазы имой пшеницы не только не возрастает, но значительно снижается, ряде случаев фермент вовсе перестает работать. У яровой пшеницы пявление выражено еще более резко—при 40° действия фермента не удатовнаружить ни в одном из сроков определения. Аналогичная картина подается и для полифенолоксидазы, которая при 40° не работает ни ровой, ни у озимой пшеницы. Исключением является пероксидаза, актость которой при повышении температуры от 10 до 40° как у озимой, и у яровой пшеницы возрастает примерно в полтора раза.

Іто касается цитохромоксидазы, то этот фермент не был обнаружен нами озимой, ни у яровой пшеницы. На фоне 10° не удалось обнаружить в озимой яровизированной. Однако определения, проводившиеся при показали наличие цитохромоксидазы в яровизированной пшенице зах кущения, выхода в трубку и в первую половину фазы колошения азе появления 2-го листа определения активности цитохромоксидазы не

водились) (табл. 3).

Таблица 3

вменение интенсивности дыхания и активности окислительных ферментов листьев озимой яровизированной пшеницы в ходе развития растений

	Дыхание								Ферменты								
	Общее Подав-							Аскор- Поли- Цито- бин- фенол- хром- окси- окси- окси- даза даза даза						Пероксидаза (в мл 0,1 н J.			
Фаза роста	µл О₂ на 1 г сыр. веса да							% от це г о х а- ия	µл O ₂ на 1 г сыр. веса					ca	за 3 мин на 1 г		
	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40°	10°	40"	10°	40°	
Появление 2-го листа Начало кущения Кущение, начало вы-	259	1934 1119	91	374	168		63 66	90	139	346	241	0,0		84	30	44	
хода в трубку Колошение Колошение	258	1011 1052 1179		216	187 268 211		83 103 115	91 79 86	447 381 405	564 415 70	0,0 75 102	0,0 275 64	p)	86 115 0,0	15 16 19	28 28 34	

Танные по цитохромоксидазе, в соответствии с результатами, получени ранее на яблоках (3), свидетельствуют о том, что оптимум действия о фермента расположен в интервале повышенных температур. Не исклю-, что в ряде исследований цитохромоксидаза оставалась необнаруженной дствие того, что определение ее активности проводилось в температурусловиях, неблагоприятных для действия этого фермента. Однако с этим зя связывать отсутствие цитохромоксидазы в озимой и яровой пшенице, ольку в данном случае ее не удалось обнаружить и при 40°. Повидиу, цитохромоксидаза, как правило, не входит в систему оксидаз, нимающих участие в дыхании пшениц. Появление ее в яровизированной ой вероятно вызывается какими-то сдвигами в ходе дыхательного обмена этого фермента, возникающими в результате яровизации. сдвиги распространяются и на ряд других показателей, полученных пшеницы озимой яровизированной. Так, полифенолоксидаза, не действуя при 40° у озимой и яровой пшениц, обнаружена при этой температуре имой яровизированной в фазе колошения, а показатели активности о фермента при 10° у озимой яровизированной пшеницы значительно е, нежели у озимой и яровой. Более высокая активность отмечена ия аскорбиноксидазы яровизированной пшеницы. ледует отметить, что появление у озимой яровизированной признаков,

ледует отметить, что появление у озимой яровизированной признаков, войственных озимой пшенице, указывает на то, что наследственная ода озимых растений, хотя и не подвергается коренной перестройке, воздействием яровизации, но в какой-то мере расшатывается этим

ействием.

При сопоставлении показателей, характеризующих уровень подавляемого дыхания с активностью металлсодержащих окислительных фермектов, обнаруживается явное несоответствие. В ряде случаев при отсутствии или крайне пониженной интенсивности подавляемого дыхания наблюдается высокая активность металлсодержащих оксидаз. И, наоборот, наряду с высоким уровнем подавляемого дыхания отмечается слабая активность или полное отсутствие металлсодержащих оксидаз. Другими словами, нам не удалось установить никакой закономерной связи между интенсивностью подавляемого дыхания и активностью полифенолоксидазы, аскорбиноксидазы и пероксидазы.

Причины наблюдаемого несоответствия остаются пока неизученными. Можно лишь предполагать, что азид натрия, будучи ингибитором по отношению к ферментам, содержащим в простетической группе тяжелые металлы, выступает в роли активатора по отношению к ферментам остаточного дыхания. Примеры такого рода действия ингибиторов встречаются в области изучения дегидраз. Так, согласно Лелюару и Диксону, активность ряда ферментов дегидразного комплекса не только не подавляется, но даже за-

метно повышается под воздействием KCN.

Отсюда следует, что для характеристики степени участия отдельных ферментов в дыхательном газообмене растений следует с большой осторожностью пользоваться данными, полученными при совместном определении отдельных групп дыхательных ферментов с применением ингибиторов. Необходимо учитывать, что условия действия ферментов в живой клетке значительно сложнее, чем в модельных опытах. Каждый из этапов столь сложного процесса, каким является дыхание, связан с действием отдельных групп взаимозаменяемых ферментов. Включение каждого из этих ферментов в дыхательный газообмен определяется в первую очередь конкретными условиями среды. В связи с этим на показателях доли участия того или иного дыхательного фермента в процессе дыхания могут сказываться условия, в которых проводится определение активности ферментов — температура, способ подавления сопутствующих ферментов, способ предварительной обработки материала и пр.

Пользуемся случаем выразить благодарность проф. Б. А. Рубину за

ценные указания по настоящей работе.

Институт биохимии им. А. Н. Баха Академии наук СССР Поступило 16 XI 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. А. Рубин, В. Е. Соколова, Изв. АН СССР, сер. биол., № 1 (1954). ² Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская, Т. М. Иванова, Сборн. Биохимия плодов и овощей, 2, 1951, стр. 21. ³ Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская, В. Е. Соколова, Т. М. Иванова, ДАН, 85, № 5 (1952). ⁴ Д. М. Михлин, 3. С. Броновицкая, Биохимия, 14, № 4 (1949). ⁵ L. F. Leloir, M. Dixon, Enzymologia, 2, 81 (1937—1938).

С. В. НИКОЛАЕВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛОМИТА В ИЗВЕСТКОВО-ДОЛОМИТОВЫХ ПОРОДАХ САМАРСКОЙ ЛУКИ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 25 VI 1956)

Распределение доломита в известково-доломитовых породах верхнего арбона Самарской Луки иллюстрируется графиком. Содержание оломита определено сокращенным химическим анализом в Институте ологических наук АН СССР. Пробы для анализов отбирались равномерно, рез каждые 0,3—0,5 м по вертикали из разрезов, вскрытых разведочными

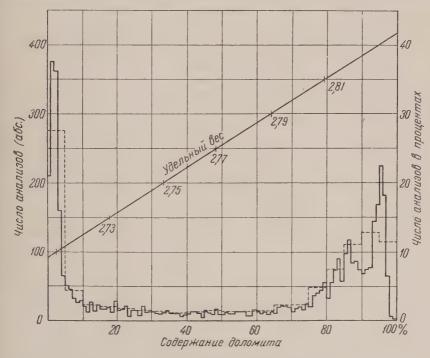


Рис. 1. График построен по данным 4200 анализов. Сплошная линия характеризует абсолютное число анализов, пунктирная— число анализов в процентах

ыработками во многих точках Самарской Луки от Яблоновского место-

ждения до Сокольих гор.

На графике отчетливо выделяются три максимума, соответствующие наиолее распространенным и минералогически обособленным типам пород. ервый максимум характеризует породы, содержащие менее 5% доломита; орой — породы, содержащие 75—90% доломита и третий — породы, соржащие 93—97% доломита. Не вошедшие в указанные максимумы породы распространены значительно слабее и образуют постепенный переход от чистых известняков до слабо известковистых доломитов.

На графике прямой отмечено изменение удельного веса пород в связи с изменением их минералогического состава. Эта линия характеризует средние значения удельного веса, подсчитанные по данным 660 анализов. Графиком не учитывается нерастворимый остаток пород, содержание которого не превышает 1% и редко 2% и влияние которого на величину удельного веса меньше ошибки определения. Для пород одинакового минералогического состава отклонение удельного веса от средних значений обычно не превышает + 0,015.

Давая наглядную картину количественного распределения доломита в известково-доломитовых породах Самарской Луки, график позволяет также определять средний удельный вес пород с различным содержанием доломита и, наоборот, судить по величине удельного веса о количестве доломита в породе. Распределение доломита в карбонатных породах Самарской Луки следует учитывать и при классификации этих пород по минерало-

гическому составу.

Поступило 22 VI 1956

ГЕОЛОГИЯ

И. Н. ТОМСОН

ВОПРОСУ О ЦИКЛИЧНОСТИ В РАЗВИТИИ ПОСЛЕНИЖНЕМЕЛОВОГО МАГМАТИЗМА В ВОСТОЧНОМ ПРИМОРЬЕ

(Представлено академиком А. Г. Бетехтиным 22 VI 1956)

Мезозойская складчатая область Сихотэ-Алиня вытянута в северо-

точном направлении вдоль побережья Японского моря.

Замыкание геосинклинали здесь произошло в середине мела, после чего нался длительный период интенсивной магматической деятельности. следние проявления вулканизма в крае имели место в четвертичное время. этот период значительная часть территории восточного Приморья оказать перекрытой мощными покровами лав, которые образуют пояс, протязающийся вдоль побережья Японского моря. Одновременно местами энсходило накопление осадочных толщ, которые, однако, формировались в пределах отдельных изолированных депрессий типа наложенных льд.

Молодые осадочные и вулканогенные толщи юго-восточного Приморья цверглись относительно слабым дислокациям, интенсивность которых еньшается вверх по разрезу. Миоценовые и вышележащие отложения

тегают уже практически горизонтально.

Изучение комплекса магматических пород, и в особенности стратиграи вулканогенных толщ восточного Приморья позволило М. А. Фаворой выявить закономерное изменение состава изверженных пород во врени. Последнее выражается в постепенном переходе от основных лав к средм и кислым вверх по разрезу и затем в резкой смене кислых излияний новными. М. А. Фаворской намечено три подобных цикла: 1) верхнемелой, 2) верхнемеловой — палеогеновый и 3) незавершенный, начавшийся неогене.

Позже Г. М. Власовым было отмечено существование двух завершенных

етичных магматических циклов.

Полученные за последние годы дополнительные материалы по стратиграи посленижнемеловых толщ юго-восточного Приморья позволяют расотреть вопрос о цикличности в развитии магматизма на новой основе. Нами в 1953 г. было проведено изучение третичных отложений в районе ичинской депрессии и в бассейне р. Пхусуна, где молодые толщи получивесьма полное и широкое развитие. Разрез молодых отложений этого йона хорошо сопоставим с разрезом Тадушинской депрессии, изучавшим-А. Н. Шерстюком, а затем С. А. Музылевым, и с разрезом третичных толщ санского района, описанным Г. М. Власовым.

Эти новые данные позволяют пополнить схемы стратиграфии верхнемевых — кайнозойских толщ Приморья, составленные М. А. Фаворской

П. Н. Кропоткиным.

Охарактеризуем кратко обобщенный разрез послегеосинклинальной толщи

о-восточного Приморья.

В нижней части разреза послегеосинклинальных толщ залегает горизонт рфиритовых лав, известных под наименованием синанчинской свиты. а толща несогласно перекрывается кислыми эффузивами Ольгинского

комплекса. Местами кислые эффузивы подстилаются песчаниками и конгломератами партизанской свиты, содержащей флору, которая относится различными исследователями или к сеноман-турону или к датскому ярусу. Порфириты прорываются монцонитоидами в Центральном Сихотэ-Алине (по Э. П. Изоху) и гранитоидами в Судзухинском районе. Кислые эффузивы перекрывают эти интрузии. В верхних частях разреза мощной толщи кислых эффузивов и их туфов Ольгинского комплекса В. А. Ярмолюк выделяет горизонт сланцев и туфов с флорой датского яруса (тахобинская свита). Верхние члены разреза Ольгинского комплекса, перекрывающие тахобинскую свиту, относятся уже к низам палеоцена.

На кислых эффузивах Ольгинского комплекса с размывом залегают палеоценовые андезиты и дациты, именующиеся в разных гайонах самаргинской или тернейской свитой. Местами андезиты прорваны и метамогфизируются приморскими гранитоидами, представленными тремя последовательными фазами — монцонитов, нормальных гранитов и аляскитовых гранитов (по М. А. Фаворской). Догранитные массивы габбро предположи-

тельно являются жерловой фацией андезитов.

Толща липаритов, липарито-дацитов и их туфов (район Тадушинской депресии) местами ложится на размытую поверхность приморских гранито-идов и содержит гальку последних. Эта довольно пестрая по составу толща выделяется под наименованием богопольской свиты, эоценовых кислых эффузивов, верхне-ванчинских эффузивов и т. д. Характерными членами комплекса эоценовых кислых эффузивов являются обсидианы, сферолитовые липариты, туфолавы и пепловые туфы. Нередко эти породы содержат вкрап-

ленники и обломки водяно-прозрачного санидина.

На эффузивах богопольской свиты в районе Тадушинской депрессии залегает так называемая нижняя угленосная толща с эоценовой флорой. Ее аналогом вероятно является назимовская свита южного Приморья. Выше залегает покров миндалекаменных базальтов и андезитов, выделяющихся в Центральном Сихотэ-Алине под наименованием кузнецовской свиты. Аналогами кузнецовской свиты являются андезиты р. Ванчина и р. Тадуши. Андезито-базальты прорываются в среднем Сихотэ-Алине мелкими телами гранодиорит-порфиров и несогласно перекрываются осадочной угленосной толщей, содержащей флору эоцен-олигоцена. Нижняя часть этой толщи состоит из грубообломочных ритмичных отложений, а верхняя представлена преимущественно глинистыми осадками. Эти отложения широко развиты в пределах Ванчинской депрессии; в Южном Приморье они выделяются под наименованием посъетской свиты. Одновременно с грубообломочными отложениями этой толщи формировался покров дацитов, получивший наибольшее развитие в районе Тадушинской депрессии.

Эоцен-олигоценовые отложения перекрываются липаритами и переслаиваются с ними в верхних частях разреза. Формирование липаритов и их туфов продолжалось в верхнем олигоцене, причем в Южном Приморье они

переслаиваются с глинистыми отложениями надеждинской свиты.

Выше несогласно залегают отложения миоценовой усть-давыдовской свиты, представленные в нижней части песчаниками и в верхней — лигнитами. Эта свита выделена Г. М. Власовым в Южном Приморье. Одновозрастны с этими отложениями так называемые сихотэ-алинские андезитобазальты, которые по данным Г. М. Власова местами переслаиваются с отложениями усть-давыдовской свиты.

Разрез третичных отложений заканчивается грубообломочными отложениями и пепловыми туфами суйфунской свиты. В четвертичное время снова

имели место излияния базальтов.

Приведенная схема стратиграфии послегеосинклинальных толщ юговосточного Приморья позволяет выделить следующие 4 завершенных магматических цикла:

1. Верхнемеловой — палеоценовый цикл, начавшийся излиянием порфиритов, которые прорваны массивами монцонитоидов. Затем следовало под-

тие (размыв). Цикл завершился формированием толщи кислых эффузи-

в Ольгинского комплекса.

2. Палеоцен-эоценовый цикл начался после дислокаций и размыва преадущей толщи излиянием андезитов и дацитов тернейской (самаргинской) виты. Затем следовало внедрение трех фаз приморских гранитондов — мононитов, нормальных и аляскитовых гранитов, которые после поднятия размыва были перекрыты толщей липаритов и липарито-дацитов эоцена.

3. Эоцен-олигоценовый цикл начался излиянием базальтов и андезитов узнецовской свиты, которые прорываются в среднем Сихотэ-Алине малыми

Om	<i>तेश्र</i> ा	рлы Калонка Терригенных Осадочные осадочных свиты		Интру- зивные породы	Колонка интрузивных и вулкано- генных толщ	Вулканогенные свиты	
	пертичн Стема	DTUVA TT				<i>โสสสภษท</i> เม	
Неозен	Миоцен Выгу	<u>IV</u>	000000000	Лигнитов подсвита уст-давыдовок обиты Лесчано-алебролитов, подсвита усть-давы- довской свиты	Щелочные (граниты?		Пепловые туры суйрунской свиты Сихотэ-алинские базальты
вн	и Олигоцен	Ш		Наденкдинская сбита Перхная угленоская полица Тадуши, угленоская подбита Тадуши, угленоская посьетской сбиты Титица конторыетской сбиты посьетской сбиты посьетской сбиты посьетской сбиты	Гранодиорит- порфиры		Липариты и их туфы краскинские, данчинские и тадушинские Дациты р. Тадуши Андегиты и базальты кизнецовск свиты; базальты кизнецовск свиты;
Палеог	Палеоцен Зоцен	II		Наэимовская свита нижн. цэленосная толща р. Тавуши	Кв. моноциты Норм. граниты Аляскитоварты		Липариты и туфы бого- пальской сбиты; посьет- ские и банчинск. эффузибы Дациты и андезиты тернейской и самаргин- ской сбит
Верхний мел	Сенон Дат Пал	I	00000000	Тахобинская свита Партизанская свита	удноциты Габбро	WANTED WANTED	Ольгинские кварцевые порфиры Порфириты синанчин- ской свиты
2	8	<i>#</i>	6 N		3	######################################	5 ~ 10

Рис. 1. Схема цикличного строения послегеосинклинальных толщ юго-восточного Приморья. 1 — конгломераты, 2 — песчаники, 3 — глинистые отложения, 4 — базальты, 5 —андезиты, 6 — дациты, 7 — липариты и порфиры, 8 — гранитоиды, 9 — габбро, 10 — поверхности размыва

нтрузиями гранодиорит-порфиров. Кузнецовская свита перекрыта покроом дацитов. В олигоцене была сформирована толща липаритов и их туфов.

4. Миоцен-плиоценовый (неогеновый) цикл начался после размыва нижеежащего комплекса излиянием андезито-базальтов. К этому магматичекому циклу вероятно относятся самые молодые в Приморье мелкие интруии щелочных гранитов. В завершение цикла были сформированы липариовые пепловые туфы суйфунской свиты.

Пятый незавершенный магматический цикл начался в четвертичное время

злиянием базальтов.

Осадочные отложения послегеосинклинального периода, как это было первые отмечено Г. М. Власовым, также обнаруживают циклическое строече, выражающееся в постепенном уменьшении крупности кластического

материала вверх по разрезу, причем циклы седиментации совпадают во времени с циклами развития магматизма (см. рис. 1). Те и другие определялись, таким образом, едиными ритмами тектонических движений.

К близким выводам, как нам стало известно из устного сообщения, пришел в последнее время также И. И. Берсенев, детально изучивший стратиграфию молодых толщ, особение юго-западного Приморья. Его выводы подтверждают выдержанность циклов магматизма на довольно обширной тер-

ритории Приморья.

Рассмотренная особенность развития магматизма юго-восточного Приморья позволяет сделать некоторые выводы. Представляется несомненным, что эффузивный и интрузивный процессы являются фазами единого направленно развивающегося магматического цикла, причем интрузивы обычно внедряются после излияния основных и средних лав, но до формирования покровов кислых эффузивов, к занимают промежуточное положение покислотности. Следовательно, нет оснований предполагать существование особого интрузивного цикла и объединять интрузивные фазы различных циклов в группу приморских гранитоидов. Мы предлагаем сохранить наименование «приморские гранитоиды» только за тремя интрузивными фазами 2-го цикла, не причисляя сюда гранодиорит-порфиров и щелочных гранитов 3-го и 4-го циклов.

Последнее время установлено, что сульфидное оруденение в восточном Приморье распространяется в эоценовые кислые эффузивы и андезито-базальты кузнецовской свиты, что свидетельствует о приуроченности оруденения к 3-му магматическому циклу и разобщенности во времени орудене-

ния и приморских гранитоидов, относящихся ко 2-му циклу.

Сравнение магматических циклов позволяет выявить различную степень проявления разных фаз. Так, например, первый цикл отличается мощным развитием кислых эффузивов, второй — формированием крупных массивов гранитоидов. В интрузивную фазу третьего цикла формировались малые интрузии гранодиорит-порфиров. Таким образом, малые интрузии и интрузии батолитического типа разобщены в пределах различных магматических циклов. Интересно также отметить, что основные эффузивы обычно отделены поверхностями несогласия от подстилающих и перекрывающих толщ. В этих покровах наблюдаются также внутренние поверхности размыва. Кроме того, излияния основных лав совпадают или чередуются во времени с накоплением грубообломочных толщ. Все это свидетельствует об особенно интенсивных дифференциальных движениях в период формирования основных эффузивов.

Обращает на себя внимание также несовпадение тектонических циклов в Приморье с подразделениями геохронологической шкалы. Причиной этого, возможно, является несовпадение циклов тихоокеанского пояса с европейскими тектоническими циклами, или же неточность определения

возраста некоторых свит.

Поступило 23 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. Н. Кропоткин, Вопросы геологии Азии, 1, 1954, стр. 736. ² М. А. Фаворская, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1950).

ГЕОЛОГИЯ

В. И. ТУЖИКОВА

АЙНОТИПНЫЕ ЭФФУЗИВЫ И ПИРОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ БУЛАНАШ-ЕЛКИНСКОГО БАССЕЙНА

(Представлено академиком А. Г. Бетехтиным 22 VI 1956)

На прилегающей к Уралу территории— в районе Северного и Северосточного Казахстана— нижнемезозойские эффузивы известны давно работам Н.Г. Кассина(1) и А.Г. Гокоева(2). В 1949 г. об открытии эффувных пород в юрских отложениях центральной части Тургайского про-

ва сообщила A. Г. Бер (³).

На восточном склоне собственно Урала наличие эффузивов кайнотипго облика установлено впервые З. И. Ситниковой (4) в Челябинском басйне. Несколько позднее в печати появились еще два сообщения (5, 6) встрече кайнотипных эффузивов в других районах Челябинского басйна.

Для восточного склона Среднего Урала наличие изверженных и пироастических пород нижнемезозойского возраста является первым указаем на проявление молодой вулканической деятельности в этой части

До настоящего времени некоторые геологи склонны были объяснять реслаивание эффузивов с осадочными породами в Буланаш-Елкинском ссейне как встречу крупных глыб диабазов среди продуктов переотложеля доугленосной коры выветривания, другие же выделяли такие породы особую разновидность пестроцветных отложений под названием «диабазотх граувакк», а третьи причисляли их к порфиритам и туфобрекчиям

леозойского возраста.

К настоящему времени в пределах Буланаш-Елкинского бассейна прорено свыше 25 скважин, вскрывших эффузивные и пирокластические ломочные породы, переслаивающиеся с нормально-осадочными породами строцветной свиты, залегающей в основании мезозойской угленосной лщи. Макроскопическое и микроскопическое изучение керна ряда сквани дает основание делать вывод о том, что в указанном бассейне имеют звитие пирокластические и лавовые образования, одновозрастные с порами нижней части угленосной формации. Их стратиграфическое полоение в синклинальной структуре бассейна аналогично положению, занитемому кайнотипными эффузивами Челябинского бассейна. Приурочены и, в основном, к восточному борту грабена, заполненного триасомии угленосными отложениями; прослежены на протяжении около 15 км виде полосы шириной до 1,0 км. Мощность эффузивно-осадочной толщи энентировочно определяется в 800 м.

Разрез рассматриваемого комплекса пород неоднороден. В его состав содят базальты, диабазовые порфириты, туфы, туфо-конгломераты, туфиты, аргиллиты и алевролиты, иногда содержащие растительные остатки волосные прослои угля. В западной части полосы эффузивно-осадочной рлщи преимущественное развитие имеют туфы и туфо-конгломераты, сорржащие маломощные прослои осадочных пород и покровы базальтов. восточной части ведущую роль, вероятно, играют порфириты основного

рстава, вскрытые многими скважинами.

Наиболее полная картина переслаивания вулканических и осадочных пород наблюдается в скважине № 324, имеющей под четвертичными и третичными отложениями следующий разрез (с глубины 23,9 м):

1. Базальт темно-серый и темно-зеленый, трещиноватый	2,4 м
2 Туф бурый и темно-серый, средне- и мелкоооломочный	5,1 м
3. Базальт темно-серый. На глубине 37,0 м—0,3 м прослой, на-	
сыщенный мелкими ксенолитами угля фюзенизированного	8,4 м
4. Туф темно-серый, с зеленым оттенком, крупнообломочный.	14,4 м
5. Аргиллит бурый, перемятый, с отпечатками растений	3,6 м
6. Туф темно-зеленый, мелко- и среднеобломочный.	8,0 м
7. Базальт темно-серый, внизу с бурым оттенком	6,5 м
8. Туф темно-серый, среднеобломочный	1,8 м
9. Алевролит буровато-серый тонко переслаивается с туфом	
зеленого цвета	2,1 м
10. Аргиллит серый с отпечатками растений	6,9 м
11. Песчаник темно-бурый и черный, пятнистый	4,9 м
12. Алевролит темно-серый, слабо окремненный, с отпечатками	,
12. Алевролит темно-серый, слаоо окремкенный, с отнетами	5,4 M
растений	0,8 м
13. Туфо-конгломерат зеленовато-черный, мелкогалечниковый	2,7 M
14. Алевролит бурый с прослоями алевролита зеленовато-серого	30,6 м
15. Конгломерат пестроцветный, разногалечниковый	ou, o m

Эффузивная порода с глубины 37,8 и 38,4 м (слой 3) представляет собою базальт толеитовой структуры, на отдельных участках переходящей в интерсертальную. Плагиоклаз наблюдается в виде длиннопризматических полисинтетических двойников, местами отмечается присутствие кристаллов плагиоклаза с отчетливо выраженной зональной структурой. Размер кристаллов достигает 2-3 мм. По замерам методом симметричного угасания плагиоклаз определяется как лабрадор. Никаких изменений в нем не устанарливается. Авгит присутствует в подчиненном количестве, в виде изометричных зерен размером 0,1-0,4 мм в поперечнике, обнаруживает заметный плеохроизм. Бурое вулканическое стекло, более или менее раскристаллизованное, образует неправильные участки заключенные между кристаллами плагиоклаза. Раскристаллизация стекла сопровождается преимущественным образованием хлорита. Рудный минерал присутствует в значительном количестве в форме изометричных зерен размером до 0,2-0 15 мм или в виде удлиненных дендритов, имеющих форму игл длиною до 0,5—0,6 мм.

Эффузивная порода с глубины 69 м (слой 7) представлена базальтом интерсертальной структуры. Лейсты плагиоклазов совершенно не затронуты изменением, имеют форму полисинтетических двойников длиною до 0,7 мм. По методу наибольшего симметричного угасания плагиоклаз определен как андезин-лабрадор. В промежутках между лейстами плагиоклазов заключены угловатые участки неполностью раскристаллизованного бурого основного стекла, содержащего микролиты плагиоклаза, неправильные по форме зерна авгита, дендриты рудного минерала и вторичные минералы—продукты девитрификации стекла.

Пирокластические породы с глубин 31,0 м (слой № 2), 46,0 м (слой № 4), 58,0 м (слой № 6), 71,0 м (слой № 8) представлены туфами. Состоят они на 90—95% из свежего пирокластического материала, отличаются отсутствием сортировки по величине зерен, остроугольной формой обломков, в которых следы окатанности наблюдаются редко. Размер обломков, судя по керну,

достигает 5,0—6,0 см.

Под микроскопом эти породы имеют витрокластическую (слой 2), кристалло-витрокластическую (слой 4), литокристаллокластическую (слой 8) и литокластическую (слой 6) структуру. Обломки бурого вулканического стекла, иногда разложенного, и плагиоклазов встречаются во всех разновидностях туфов. Первые имеют размер 0,1—1,7 мм, вторые от 0,3 до 1,9 мм. Плагиоклаз прозрачный, сохраняет характерную полисинтетическую двойниковую структуру; по углу максимального симметричного угасания он определяется как лабрадор. В слоях 8 и 6 кроме вулканического стекла

плагиоклаза присутствуют остроугольные и со следами окатанности обми кварца, измененных и совершенно свежих эффузивных пород с миолитовой основной массой, очень редко— обломки осадочных пород, угля

обуглившихся растительных остатков.

Цементирующим материалом пирокластических обломков является тонкорнистая или алевро-пелитовая масса, представляющая собою продукт вложения вулканического стекла. В ней содержится значительное конество хлорита, рудного минерала, участками отмечаются скопления пистот в породе.

змер последних образований достигает 3,0 мм в поперечнике.

В туфо-конгломератах (слой 13) отмечено присутствие, наряду с острольными обломками базальтов, слабо окатанных обломков порфиритов. В прослоях аргиллитов и алевролитов среди эффузивно-осадочных пород скважине № 324, а также скважинах №№ 94 и 95, были обнаружены ечатки растений: Podozamites lanceolatus и Cladophlebis ha burnensis et H.) Sew. Эти космополитные формы, в массовом количестве встречаюеся во всем разрезе триасовых отложений Буланаш-Елкинского района, от достаточно убедительное основание считать верхнюю часть эффузивнодочной толщи, мощностью 300 м, где встречены вышеуказанные отпечатрастений, одновозрастной с триасовой толщей, выполняющей грабен ланаш-Елкинского бассейна.

Широкое развитие вулканических пород в триасовых отложениях Чебинского и Буланаш-Елкинского бассейнов свидетельствуют об эпохе ивленной вулканической деятельности в самом начале процесса формизания нижнемезозойских угленосных отложений восточного склона средо и южного Урала. Факты приуроченности молодых вулканогенных ффузивно-осадочных пород на восточном склоне Урала к бортам грабез, заполненных угленосными отложениями, а также обнаружение в последвремя в Челябинском бассейне угольных пластов среди эффузивно-осаных образований дает основание расценивать наличие молодых вулканеских образований как поисковый признак для обнаружения новых теносных площадей в пределах Урала и, возможно, Зауралья.

Горно-геологический институт Уральского филиала Академии наук СССР Поступило 17 V 1956

цитированная литература

1 Н. Г. Кассин, Пробл. сов. геол., 4, № 9 (1934). 2 А. Г. Гокоев, Пробл. геол., № 11 (1937). 3 А. Г. Бер, ДАН, 67, № 1 (1949). 4 З. И. Ситнива, ДАН, 98, № 6 (1954). 5 В. И. Носаль, ДАН, 105, № 6 (1955). 6 О. В. Бурна, А. П. Сигов, В. С. Шуб, ДАН, 106, № 1 (1956).

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

п. п. воронков

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРУДОВ В ЗОНЕ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 27 VI 1956)

Гидрохимическими исследованиями установлено, что вода, накапливающаяся в прудах в условиях засушливых районов степной зоны, не всегда может быть широко использована для хозяйственных целей вследствие слишком большого содержания в ней растворенных солей. Существует мнение, что основными причинами высокой минерализации воды прудов являются смывание солей талыми и дождевыми водами с поверхности почвенного покрова и испарение воды с зеркала водоемов (1, 2). Значительная засоленность почвенно-грунтовой толщи водосборов и высокая испаряемость, характерные для южных районов степной зоны, как бы подтверждали справедливость подобных соображений.

Исследования Государственного гидрологического института, проведенные в последние годы, и гидрохимические наблюдения Гидрометеорологической службы позволили изучить отдельные стороны процесса формирования химического состава поверхностных вод и установить гидрохимические характеристики генетических категорий вод, поступающих в пруды (³). ${
m Y}$ становлено, что воды, стекающие в периоды обильного увлажнения водосборов (половодье, дождевые паводки) по поверхности склонов — поверхностно-склоновые воды — даже в засушливых районах степной зоны (Сальские степи) отличаются весьма малой минерализацией порядка 100-150 мг/л. В химическом составе этих вод среди анионов преобладают ионы НСО3 (30—40% экв.), а среди катионов — ионы Са" (35—45% экв.). Кроме того, воды, образующиеся в результате смешения в микрорусловой сети поверхностно-склоновых и почвенных вод (вод почвенного дренирования), - почвенно-поверхностные воды, также характеризуются малой минерализацией и в подавляющем большинстве случаев хорошо выраженным гидрокарбонатным характером. Минерализация этих вод в лесостепной зоне колеблется в пределах 100—200 мг/л, а в степной — 200—350 мг/л. В первом случае псчвенно-поверхностные воды обычно имеют резко выраженный гидрокарбонатный характер (45-35% экв. HCO $_3$), а во втором — более слабо выраженный (35—25% экв. и ниже). В катионном составе этих вод как в лесостепной, так и в степной зоне преобладающими в эквивалентном отношении являются ионы Са".

Маломинерализованные почвенно-поверхностные воды, в ионном составе которых преобладают HCO_3' и Ca, представляют собой основную генетическую категорию поверхностных вод, так как объем их для средних водосборов (2000—8000 км²) составляет от 70% годового стока в лесостепной зоне до 85% в степной (4). Указанные воды в период половодья заполняют русла малых и средних водотоков и благодаря своему обилию в очень большой мере влияют на минерализацию и химический состав воды озер и искусственных водоемов.

В отношении искусственных водоемов почвенно-поверхностные воды играют совершенно исключительную роль. Даже в южной полосе степной 178

ны все вновь образующиеся водохранилища и пруды в период весеннего ловодья заполняются этими маломинерализованными водами гидрокарботного характера, химическое качество которых является вполне благочиятным для использования их как для нужд сельского хозяйства, так и

различных отраслях промышленности и транспорта.

Для прудов, существующих уже в течение ряда лет, характерно несколько ое явление, а именно: маломинерализованной почвенно-поверхностной дой гидрокарбонатного характера с преобладайием ионов Са заполняся все пруды, сбрасывающие в весеннее время достаточно большой избылаводковых вод, т. е. полностью освобождающиеся (промывающиеся) то время от остатков зимних вод. Однако степень промываемости прудов саждом отдельном году зависит как от запасов воды в снежном покрове досборов, так и от гидрометеорологических условий предыдущей осени

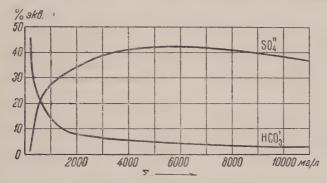


Рис. 1. Характеристика минерализации $(\Sigma_{\rm H})$ и соотношения эквивалентов преобладающих анионов (% экв.) для воды прудов Сальских степей в конце летнего периода (август, сентябрь) по данным за ряд лет

зесеннего периода таяния снега. Следовательно, один и тот же пруд в кличные годы может быть как полностью промывающимся, так и лишь полняющим свой запас воды за счет почвенно-поверхностных вод водосбо-

в той или иной мере разбавляющих зимний остаток воды.

Естественно, что наиболее минерализованная вода может накапливаться таких прудах, которые никогда не промываются паводковыми водамими не менее, если исходить из содержания хлоридов и сульфатов в почвенповерхностных водах, то для того, чтобы в результате испарения минеразация воды в прудах этого типа в весеннее время достигла 4000—5000 мг/л, бходимы многие десятки лет при условии отсутствия выноса растворенк солей путем инфильтрации.

Становится очевидным, что смывание растворенных солей с почвенного крова водосборов и испарение с зеркала прудов не являются, как преднагалось ранее, основными общими факторами засолонения прудовых водот теоретический вывод, основанный на экспериментальных данных, ностью подтверждается также многочисленными наблюдениями. Так пример, в Сальских степях наряду с засолоненными в большинстве слув прудовыми водами существует большое количество «старых» прудов, нощих в летнее время маломинерализованную воду гидрокарбонатного актера (рис. 1).

Для выяснения причин этого явления следует обратить внимание на пенение минерализации и химического состава русловых вод района выских степей, формирующихся на сравнительно малых водосборах—ее 12000 км² (рис. 2). Легко заметить, во-первых, что для прудов, не имеюх груптового питания, даже в конце лета наблюдается хорошо выражена аналогия минерализации и химического состава с почвенно-поверхностии водами, питающими реки в период половодья (в пределах минерали-

зации воды 300—400 мг/л) и, во-вторых, что не только минерализация, но и химический состав грунтовых вод, питающих водотоки в период межени (минерализация воды более 2000 мг/л), оказываются в большинстве случаев такими же, какие наблюдаются в прудах, имеющих засолоненную воду (рис. 1 и 2).

Становится очевидным, что засолоненность прудовых вод южной полосы степной зоны, так же как и района Сальских степей, является главным образом результатом влияния высокоминерализованных здесь грунтовых вод.

К северу от Сальских степей и побережий Азовского и Черного морей минерализация грунтовых вод быстро уменьшается, наряду с чем изменяется и химический их состав (3). В связи с этим в такой же мере уменьшается и возможность засолонения прудов гидравлически связанными

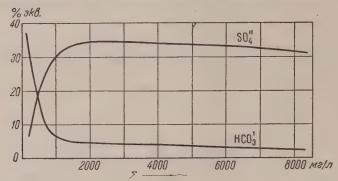


Рис. 2. Характеристика минерализации и соотношения эквивалентов преобладающих анионов для русловых вод района Сальских степей по данным за ряд лет

с ними грунтовыми водами и влияния последних на минерализацию и химический состав вод, поступающих в пруды.

Таким образом, засоленность воды большей части прудов района Сальских степей, наблюдающаяся в настоящее время, обусловлена тем, что при строительстве прудов стремятся располагать их в «мокрых» участках балок, т. е. в местах выклинивания грунтовых вод или близкого их залегания.

Расположением прудов в мокрых участках балок засушливых районов степной зоны несомненно достигается уменьшение потерь прудовых вод на инфильтрацию, однако благодаря этому пруды подвергаются влиянию грунтовых вод, т. е. создаются благоприятные условия для их засолонения до степени, устраняющей возможность использования воды для хозяйственных нужд.

Явлению засолонения прудовых вод в указанных случаях способствует к тому же и возможность смывания легко растворимых солей со склонов засолоненных участков водосборов в периоды их обильного увлажнения, поскольку большое содержание здесь поглощенного натрия в иллювиальных горизонтах устраняет возможность фильтрации атмосферных осадков после растворения ими солей, накапливающихся на поверхности почвы. В таких условиях почвенно-поверхностные воды могут иметь сравнительно высокую минерализацию и химический состав, идентичный составу грунтовых вод.

На основании многолетних исследований, проведенных Государственным гидрологическим институтом, можно придти к следующему выводу:

1) южные районы степной зоны располагают значительными ресурсами вполне доброкачественных в химическом отношении почвенно-поверхностных вод, которые представляют собой основной тип водного питания прудов;

2) грунтовые воды южных районов степной зоны в результате специфичности условий их формирования характеризуются высокой минерализацией и своеобразным химическим составом;

3) основным источником засолонения воды прудов являются грунтовые воды, которые могут быть либо гидравлически

занными с ними, либо близко расположенными к поверхности водосборов; максимальная минерализация прудовых вод в больщинстве случаев кет достигать лишь максимальной минерализации грунтовых вод при энтичном химическом составе, что обусловливается некоторой проточтью прудов, осуществляющейся путем постоянной инфильтрации.

В связи с вышеизложенным представляется совершенно необходимым гранять возможность влияния грунтовых вод на воды прудов, для чего следние следует устраивать в местах, расположенных выше выклинивания сокоминерализованных грунтовых вод. Однако это правило не должно спространяться на те участки балок, в которых выклиниваются почвенночитовые воды из временных водоносных горизонтов — «верховодка», скольку эти воды даже в наиболее засушливых районах степной зоны обычмаломинерализованы. Следовательно, при выборе места для пруда, во бежание засолонения его воды в будущем, необходимо прежде всего уставливать глубину залегания грунтовых вод и их минерализацию на водоре и в месте расположения пруда.

Увеличение потерь прудовых вод на инфильтрацию в толщу почво-грунв, в случае достаточно глубокого залегания грунтовых вод («водоупоров»), жет быть компенсировано, если в этом есть необходимость, выбором советственно большей площади водосбора, стремясь при этом к оптимальным, носительно объема испарения и водопользования, размерам прудов и средм глубинам. Следует учитывать также уменьшение от года к году потерь

В тех случаях, когда по условиям водопользования необходимо построить

инфильтрацию в результате заиления площади дна прудов.

уд в определенном месте, невзирая на близкое расположение высокомирализованных грунтовых вод к поверхности водосбора или выбранного астка, следует путем расчета на основании водно-солевого баланса (3) ределить возможную минерализацию его воды. Последнее позволит полуть представление о пригодности прудовой воды для целей, которые еследуются строительством пруда и, если обнаружится необходимость, едусмотреть устройство донных водоспусков, обеспечивающих сброс исокоминерализованных вод перед половодьем.

Государственный гидрологический институт Экспедиция по изучению водных ресурсов целинных и залежных земель

Поступило 9 XI 1955

цитированная литература

¹ Н. Гусев, Гидрохимические материалы, 10 (1938). ² Г. П. Алферьев, дрохимические материалы, 10 (1938). ³ П. П. Воронков, Формирование химичерго состава поверхностных вод, Л., 1955. ⁴ К. П. Воскресенский, Тр. ГГИ, 29, 83 (1951).

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Р. Х. АЙДИНЯН

ФОРМЫ ПОГЛОЩЕННЫХ ПОЧВЕННЫМИ КОЛЛОИДАМИ ФОСФАТОВ И ДОСТУПНОСТЬ ИХ ДЛЯ ЧАЙНОГО КУСТА

(Представлено академиком С. И. Вольфковичем 6 VII 1956)

В зависимости от типа и состава почвы разнообразные формы соединений фосфора бывают представлены в форме различных фосфорсодержащих минералов почвообразующих пород, в виде солей щелочноземельных металлов и полуторных окислов, а также органических соединений. Большое значение имеют те формы фосфора в почве, которые особенно прочно связаны с A1 и Fe и вследствие этого отличаются низкой растворимостью и малой доступностью для растений. К таким почвам, содержащим большое количество активных форм полутораокисей, принадлежат почвы наших основных чайных районов СССР — красноземы и желтоземы субтропиков. Эти почвы не только трудно отдают растению содержащийся в них фосфор, но в них происходит закрепление и той растворимой части фосфора, которая вносится с удобрениями (1, 2) или образуется путем минерализации растительных остатков и в результате частичного вовлечения в раствор фосфора минералов под воздействием процесса почвообразования.

Известно, что внесенные в почву фосфаты используются не более, чем на 15—18%. В поглощении фосфора принимают участие не все частицы почвы, а главным образом те, которые составляют тонкодисперсную, коллоидную фракцию почв. В результате взаимодействия последней с фосфатами может одновременно происходить фиксация Р химически, по Гедройцу (3). и в порядке ионного обмена, т. е. физико-химически, по типу потенциалопределяющих ионов. Для осуществления указанных форм связи фосфора с коллоидами исследуемых почв был применен следующий метод. Предварительно из почвы без химической и термической обработки, методом, разработанным автором (4), выделялись коллоиды, т. е. фракции частиц диаметром $< 0.2 \mu$. Суспензия почвенных коллоидов с 0.05μ раствором Na_2HPO_4 , содержащая в качестве индикатора радиоактивный изотоп P^{32} , подвергалась фильтрованию и для удаления избытка раствора фосфатов промывалась дистиллированной водой. После этого осадок помещался в трехкамерный электродиализатор и подвергался электродиализу при низком градиенте напряжения (20 в/см); источником постоянного тока служил селеновый выпрямитель 120 в, 0,25 а.

При этих условиях электродиализа мы полагали, что гидроксильный ион вытесняет ту часть фосфора, которая связана в ионообменной форме с почвенными коллоидами, не разрушая последних. Электродиализ прекращался после сильного падения силы тока, что соответствовало прекращению выделения $PO_4^{\prime\prime\prime}$ в анолите. В результате электродиализа были получены препараты, где P связан с коллоидами прочной химической связью — главным образом, повидимому, с A1 и Fe.

Данные о количестве ионнообменных и химически связанных коллоидами фосфатов представлены в табл. 1. Они показывают, что основная масса фосфорной кислоты (60—70% от общего ее количества) поглощена почвенными коллоидами химически. Существенное значение имеет также количество сорбированного обменного фосфора. Интенсивность поглощения обеих

Таблица 1 Количество фосфора, поглощенного почвенными коллоидами

Floring, the women to		обмен. О _б	Химич. связан. Р ₂ О ₅		
Почвы, из которых выделены коллоиды	в иг на 1 г колл.	% я	в мг на	В %	Bcero mr/r
Желтоземы слабооподзо- ленные Буро-лесные	7,3 10,1	25,3 30,8	21,2 22,7	74,7 69,2	28,5 32,8

м фосфатов зависит от соотношения в составе коллоидов SiO_2 к R_2O_3 т реакционной способности почвенных амфолитоилов.

Как видно из данных табл. 2, чем меньше отношение SiO_2/R_2O_3 , тем ьше поглощается P_2O_5 коллоидами. Из сравнения табл. 1 и 2 вытекает, при более узком соотношении SiO_2/R_2O_3 особенно заметной величины

гигает фиксация Р2О5 в ион-

бменной форме.

Для решения вопроса о стедоступности для чайного га этих двух форм фиксироных коллоидами фосфатов и заложены опыты на чайных чтациях Краснодарского я, развитых на слабооподенных желтоземах (совхоз омыс) и серо-лесных почвах ихоз им. Сталина). Образцы поидов, приготовленные для сановки опытов, были выделеТаблица 2

	Молекулярное отно- шение в коллоидах				
Почвы, из которых выделены коллоиды	SiO ₂ R ₂ O ₃	SiO ₂ / Ai ₂ O ₃	S10 ₂ / Fe ₂ O ₃		
Желтоземы слабооподзо- ленные Буро-лесные	3,4 1,9	4,5	12,2 7,8		

із тех же почв, с которыми ставились исследования в поле. Для этой цели имели два образца коллоидов из каждой почвы, предварительно насыные мечеными фосфатами. Один образец после взаимодействия с фосими отмывался водой, т. е. содержал суммарное количество фиксирован- P_2O_5 , а другой таким же способом приготовленный образец подвергался тродиализу и содержал, как мы полагаем, лишь химически связанные мы фосфатов. Радиоактивность обоих образцов коллоидов составляла ветственно для желтоземных почв 58,2 и 39,5 тыс имп/мин., а для буроных почв 63,5 и 41,3 тыс. имп/мин. на 1 г сух. вещества. Содержание их образцах P_2O_5 указано в табл. 1. Навески этих коллоидов по 25~
m rслучая суммарно поглощенной Р³²) и 35 г (для случая химически свяной P^{32}) предварительно, до внесения в почву, тщательно смешивались кг вырытой почвы и вносились с четырех сторон под чайный куст до глуы 30 см, в область наиболее развитой корневой системы. Опыты были заены в 1954 г. (август — сентябрь) и за этот срок был собран 5 раз чайный и, а под конец опыта — и остальные надземные и подземные части куста. тативные части чайного куста высушивались, растирались в порошок них определялась активность на счетчике Гейгера —Мюллера (вариант та). Данные табл. 3 показывают содержание меченых фосфатов, поступивиз различных форм их связи с коллоидами почв в вегетативные органы ого куста. Наиболее интенсивное поступление фосфора наблюдается леши и в корни, слабее — в грубые листья и в особенности в ветки, отря на то, что они превосходят по массе флеши и корни.

анные табл. З наглядно показывают, что чайный куст усваивает фосиз всех форм связи его с коллоидами почв. Особенно важно заметить, что чески прочно закрепленный с коллоидами почв фосфор захватывается

			tep-				
Название почв	Формы связи фосфорной к-ты с коллондами	флеш	грубые	ветки	корни	всего	В % от исходи. содер- жан. фосфора
Желтоземы слабо- оподзоленные Буро-лесные	Химически связанная Суммарно поглощен. Химически связанная Суммарно поглощен.	121 223 110 290	17 32 27 65	2 9 4	50 112 95 98	190 376 232 470	35,8 52,8 40,9 57,3

растениями в значительных количествах, достигающих 35—40% Р₂О₆ от исходного. Еще большее количество фосфора усваивается из коллоидов, где этот питательный элемент фиксирован одновременно не только в химической, но и ионнообменной форме (см. табл. 1). Из этого общего количества связанного фосфора, внесенного в почву, поступило в растения свыше половины его, т. е. значительно больше, чем из одного химически связанного состояния. Отсюда следует, что ионнообменная фосфорная кислота является наиболее подвижной и следовательно наиболее доступной для

чайного куста.

Более чем вероятно, что в почвенных условиях убыль обменного фосфора коллоидов почв постоянно пополняется за счет химически связанной с полутораокисями. Повидимому, эта форма фосфорной кислоты попадает в почвенный раствор только через ионнообменное состояние и поэтому становится доступной растению. Исходя из сказанного, «ретроградацию» фосфатов коллоидами почв с высоким содержанием подвижных форм A1 и Fe нельзя рассматривать как вредное явление, поскольку она предохраняет фосфаты от вымывания, способствует нейтрализации токсического действия подвижного алюминия, причем большая часть поглощенных таким образом фосфатов становится доступной для чайного куста. Еще больше убеждают нас в этом исследования некоторых авторов (5), указывающие на значительно более высокий коэффициент использования растениями фосфатов удобрения, чем это полагали до настоящего времени. Как показал Г. Н. Урушадзе (6), единовременное внесение повышенных доз фосфора под чайные плантации даже один раз в 4 года дает такой же эффект, как и ежегодное внесение по одной агротехнической дозе 120 кг/га Р₂О₅ суперфосфата. Это означает, что независимо от продолжительности времени фиксации фосфатов на красноземах последействие их довольно длительное и по своей эффективности не уступает прямому действию.

Изложенные взгляды дают основание по-новому рассматривать фосфатный режим почв с высоким содержанием подвижных форм AI и Fe под культурой чая. Исходя из ошибочной теории о малой доступности для растения чая «ретроградированных» почвами фосфатов удобрений, на протяжении многих лет ежегодно вносились под чайные плантации СССР высокие дозы фосфатов, достигающие величины $120-240~{\rm kr/ra}~P_2O_5~{\rm суперфосфата}$. В результате этого в почвах на старых чайных плантациях содержание его сильно повысилось. Имея в виду его усвояемость, можно считать, что этой аккумулированной фосфорной кислоты вполне достаточно для питания чайного куста на продолжительное время, и дальнейшее дополнительное внесемия фосфорной кислоты в дальнейшее дополнительное внесемия фосфорном кислоты в дальнейшее дополнительное внесемия фосфорном кислоты в дальнейшее дополнительное внесемия фосфорном кислоты в полне достаточно для питания чайного куста на продолжительное в ремя, и дальнейшее дополнительное в несемия в распечения в полне достаточно для питания чайного куста на продолжительное в ремя.

ного куста на продолжительное время, и дальнейшее дополнительное сение фосфатов почвы на протяжении 3—5 лет является излишним. Почвенный институт им. В. В. Докучаева

Академии наук СССР

31 X II 1958

Академии наук СССР ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Д. Н. Прянишников, Агрохимия, М., 1952. ² Д. Л. Аскинази, Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией, М., 1949. ³ К. К. Гедройц, Учение о поглотительной способности почв, М., 1932. ⁴ Р. Х. Айдинян, Колл. журн., 9, 1 (1947). ⁵ А. В. Соколов, Сборн. Меченые атомы в исследованиях питания растений и применение удобрений. Изд. АН СССР, 1955. ⁶ Г. Н. Урушадзе, Бюлл. ВНИИЧиСК, 4 (1954).

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР А. Г. ВОЛОГДИН

СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ АРХЕОЦИАТ

Развитие знаний о фауне кембрийских археоциат и о ее стратиграфичеком значении является в Советском Союзе достижением последних десятитий. Оно состояло в выявлении большого количества новых видов, родов, мейств, отрядов и даже классов, с признанием этой группы интересных ро телей кембрийских биогермов самостоятельным типом животных rchaeocyatha (1, 2), что получило признание и за рубежом (8). В связи с громными успехами геологической службы в деле регионального и учения рритории Советского Союза, при геологическом картировании и при спечальных тематических исследованиях, выявлялись обильные данные по ратиграфическому и географическому распространению археоциат и триобитов кембрия, а также и сопутствовавших им, в общих фациях, водорослей. лительное время при этом опорным материалом для установления стратирафического положения археоциат служили остатки трилобитов, в изучеии которых виднейшая роль долгое время принадлежала Е. В. Лермонтоэй. Однако поздний этап изучения остатков трилобитов привел местами восток Сибирской платформы) к спорным положениям, показав неразреимость вопросов стратиграфии на одной какой-либо группе ископаемых рганизмов из числа вышеупомянутых. Поскольку из-за некоторых ошибочых трактовок возраста трилобитовых ценозов в литературу проникли неравильные высказывания относительно археоциат, представляется неободимым вопрос о стратиграфическом значении археоциат затронуть спе-

Массовое скопление остатков археоциат установлено в Сибири в отноительно высоких слоях нижнего кембрия, в частности в бирюсинских лоях (Бирюсинский археоциатовый биогерм) верхов енисейской свиты о р. Енисею, в 50 км выше г. Красноярска, в пределах Салаирской складатой зоны юга Сибири и в суннагинских слоях пестроцветной свиты на остоке Сибирской платформы. Самый древний представитель настоящих рхеоциат открыт в низах красноцветной песчано-сланцевой толщи, с редими известняками водорослевого происхождения и пластовыми залежами ематитов (дашкинско-киргитейская толща Нижнего Приангарья, восточый склон Енисейского кряжа), описанный под названием Rhabdocyathella

arpinskii Vologdin, 1956.

Нижнекембрийская эпоха была несомненно временем интенсивной эвоющии и почти всесветного расселения археоциат, успешно развивавшихся строивших биогермы в нормально-морских бассейнах и исчезавших в басейнах с магнезиальными осадками и с преобладанием терригенных накоплечий. В процессе развития кембрийских (салаирских) движений в области сверной Евразии, отчетливо выразившихся в последовательной перестройе е е палеогеографии как на платформах, так и в областях геосинклиналей, стория кембрийских фаун и флор в отдельных бассейнах шла различно ри различной степени связи с мирового значения атлантической, индийской тихоокеанской палеобиологическими провинциями. В соответствии с провлением тектонических движений на грани нижне- и среднекембрийских пох, в среднем кембрии и на грани с верхнекембрийской эпохой, различно

отразившихся на палеогеографии платформ и геосинклиналей, археоциаты на платформах исчезли ранее, именно в начале среднего кембрия, тогда как в геосинклинальных областях в среднекембрийскую эпоху местами (Алтайско-Саянская система) их жизнедеятельность и геологическая деятельность продолжались относительно еще долго. Редкие представители археоциат установлены в верхнем кембрии, в ордовике и силуре. Если признать таламоидеи археоциатами (Thalamoidea = Sphinctozoa Steinmann), как к этому склоняются И. Т. Журавлева и автор, своеобразные археоциаты существо-

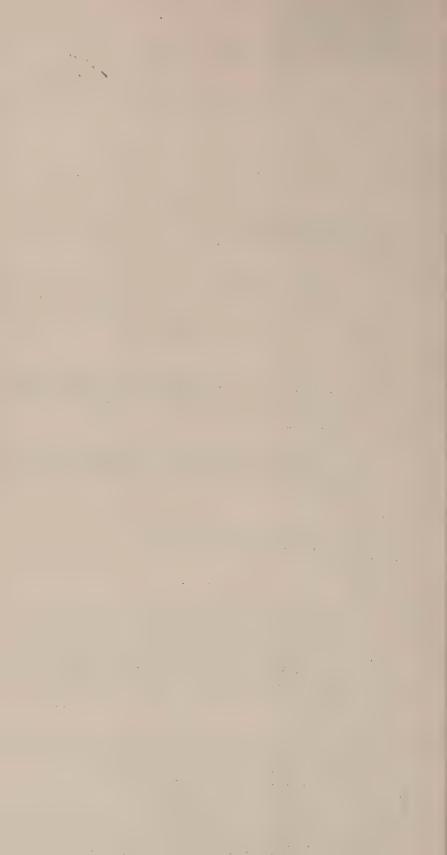
вали включительно до верхнего мела. Поэтому взгляд И. Т. Журавлевой (4), что «подавляющее большинство родов и видов археоциат характерно только для нижнекембрийской эпохи», со стороны многих сибирских исследователей встречает возражения. Многие роды и виды археоциат существовали и позднее. Следует отметить, происхождение этого взгляда обусловлено произвольным занижением Н. В. Покровской (5) возраста комплекса трилобитов еланской свиты бассейна р. Лены и севера Сибирской платформы. По Е. В. Лермонтовой, и в особенности по Н. П. Суворовой, «здесь имеются роды Chondragraulos Lerm., Neolenus, а также роды, близкие к Liostracus Ang., Solenopleura Ang., Alokistocare Lerm. и др., распространенные обычно в среднем кембрии, остатки которых здесь наблюдаются совместно с остатками типичных нижнекембрийских видов» (6). Поскольку указание на совместное нахождение остатков нижне- и среднекембрийских организмов не может быть принято, так как формы существовали одновременно, то первые «старообразные виды» трилобитов, прямо связанные с нижнекембрийскими родами, являются в еланской свите уже реликтами и стратиграфического значения не могут иметь, как его не имеет третичная сосна, сохранившаяся на мысе Пицунда (Абхазия). Наоборот, четкая подмесь к этим реликтам ясных серднекембрийских трилобитов, к тому же всесибирского распространения, указывает на среднекембрийский возраст еланской свиты всей, или по крайней мере ее верхней части, вместе с обильно представленными в ней археоциатами. Yстановление стратиграфических границ по поздним представителям каких-либо ископаемых родов вообще представляет собой нарушение общепринятой методики. Таким образом, мнение Н. В. Покровской о нижнекембрийском возрасте еланской свиты должно быть категорически отвергнуто, так же как и мнение о существовании археоциат только в нижнекембрийскую эпоху.

Весь материал к истории геологического развития Северной Азии в кембрийский период, данные к стратиграфии, палеогеографии и о палеобиологических провинциях, а также данные по эволюции типа археоциат, накопившиеся к настоящему времени, позволяют выделить ряд этапов развития этой фауны, местами с остатками трилобитов и других организмов. Выделяемые по материалам отдельных свит и горизонтов, обычно местного значения, эти этапы, выраженные соответствующими тафоценозами, имеют большое стратиграфическое значение, несмотря на наличие между некоторыми из них еще неохарактеризованных фауной временных пробелов. Эти этапы — зоны с археоциатами, трилобитами, брахиоподами, хиолитами, губками и пр., и с различными формами водорослей. На основе этого материала в литературе появился ряд новых стратиграфических схем как для геосинклинальной области юга Сибири, так и для Сибирской платформы.

Во исправление ошибочной трактовки возраста трилобитовых и археоциатовых фаун на грани нижнего и среднего кембрия Н. В. Покровской (5) и И. Т. Журавлевой (4) и в поддержку известных выводов Е.В. Лермонтовой, П. С. Краснопеевой, А. Г. Сивова (7) и ряда других, автор проследил состав родов тех и других организмов по тафоценозам кембрийских отложений Салаирской геосинклинали и Сибирской платформы. Как можно видеть из нижеследующей таблицы (табл. 1), в кембрии археоциатовая фауна первично была представлена одностенными формами (слои с. Бык на р. Ангаре), вслед за которыми вскоре появились и более сложные, при-186

Археоциатовые и трилобитовые комплексы палеонтологических зон кембрия областей Салаирской геосинклинали Сибири и Сибирской платформы (по материалам Д. А. Васильева, А. Г. Вологдина, И. Т. Журавлевой, П. С. Краснопеевой, Е. В. Лермонтовой, Н. В. Покровской, О. К. Полетаевой, А. Н. Розовой, А. Г. Сивова, Н. П. Суворовой и Н. Е. Чернышевой)

		1 1	таевой, А. Н. Розовой, А. Г. Сивова, Н. П.		Стандарт-
Отделы	Ярусы	Подвяру	Сагланрская веосинклипаль Сионри	Спопрекая влатформа	CTay
2000	Шидерты	Кожух	Толсточика, Салаир Emsarina, Hanivella, Kozellina, Kingstonina, Apatokephalops, Apatokephalina, Porteniosus. Focheirurus, Acrocephalites, Pseudagnostus, Homagnostus Толсточика, Салаир Eocidaspis, Kozeilina, Proapatokephalops, Apatokephalus,	Джюшокан, Вост. Сибирь Kingstonia, Koedinia, Lotagnostus	Lotagnostus
XHHM	Куянды	олсто-	Pseudagnostus, Kingstonia Толсточиха, Салаир Кingstonia, Kozellina, Eocidaspis	Оленек, север Сибири Talbotina, Taenicephalus, Genevievella	Kingsto- nia
Bep	Xapa- K	Саланр	г. Орлиная, Салаир Кaninella, Pesaia, Cephalocoelia, Coosia, Homagnostus, Acro- cephalites, Abakanopleura, Orloviella, Koldinella, Anomocare, Diplagnostus	Хара-Улах, север Сибири Acrocephalites, Agnostus, Olenus, Peltura	Agnostus
		Гора Орлиная	г. Орлиная, Салаир Orloviella, Belovia, Leiopyge, Grandagnostus, Peronopsis, Phoidagnostus, Archaeocyatha: Orlinocyathus olgae Krassn.	Восточная Сибирь Aldanaspis, Anomocarina, Acidaspis, Kingstonia, Leiopyge Phoidagnostus, Grandagnostus, Prohedinia	Letopyge laevigatus
	55	я Ерба	Большая Ерба Olenoides, Dorypyge, Prohedinella, Pagetia, Erbia, Pero- nopsis, Archaeocyatha (изучены слабо)	Восточная Сибирь Aldanaspis, Dasometopus, Solenopleura, Crepicephalina, Corynexochus, Forchhammeria, Anomocarioides, Anomocarina, Hypagnostus, Prohedinia	Paradoxides forch- hammeri
	Мая			Восточная Сибирь Dasometopus, Forchhammeria, Linguagnostus, Goniagnostus, Grandagnostus, Phalacroma	
ний кембри		Санаштык-	Санаштыкгол Chondragraulos, Kooteniellina, Poliellina, Poliellopsis, Kootenia, Acrocephalites, Klotziella, Dinesus, Paradoxides suboelandicus. Archaeocyathus, Annulocyathus, Carinocyathus, Densocyathus, Sajanocyathus, Clathricyathus Tercyathus, Ap-	Восточная Сибирь Liostracus, Corynexochus, Acidaspides, Agasella	Paradoxides
Среди	tocyathu		г. Долгий Мыс Erbia, Agraulos, Solenopleura, Liostracus, Solenopleura, Pty- choparia. Archaeocyatha: Erbocyathus (Polycyathus), Ethmophyllum, Archaeocyathus (Spirocyathus)	Восточная Сибирь Liostracus, Anopolenus, Peronopsis, Cotalagnostus, Linguagnostus, Triplagnostus, Solenopleura, Ciceragnostus, Tomagnostus, Schistocaphalus, Bailiaspis, Ctenocephalus, Eodiscus	Paradoxides
	AMFa	Торгашино (Каянча)	Торгашино Erbia, Kooteniella, Chondragraulos, Olenoides. Archaeoccyatha: Tersia, Protopharetra, Archaeocyathus (Spirocyathys), Archaeofungia, Bicyathus, Uralocyathus (Coelocyathus), Tumulocyathus, Ajacicyathus, Ethmophyllum, Thalamocyathus, Taylorcyathus, Loculicyathus, Asterocyathus Coscinocyathus		Ellipsocephalus Ctenoce- (Paradoxrdes oelan- phalus dicus s. 1.) exsulans
		Брагино	Брагино Redlichina, Redlichia. Archaeocyathus, Tersia, Claruscyathus, Ajacicyathus.	Чара-Кетеме—Олекма Namanoia, Bathynotus, Bergeroniellus, Aldonaia, Bergeroniaspis, Solenopleurella. Archaeocyathus, Tersia, Claruscyathus, Archaeocyathus (Spirocyathus) Толбочан-Барылай Bulaiaspis, Bergeroniellus, Aldonaia, Bathyuriscellus. Archaeocyathus	a
10	-0	Камешки	Камешки Cobboldia, Bergeroniellus, Poliellina?, Redlichia. Archae o c y a t h a: Loculicyathus, Alacicyathus, Archaeofungia, Coscinocyathus, Ventriculocyathus, Dictyocyathus, Archaeocyathus, (Spirocyathus), Labyrinthomorpha, Cyclocyathus	" Синия	-
ижний Ке	Кембр	Unura	Чинга, Западный Саян Ајасісуаthus, Orbicyathus, Coscinocyathus, Protopharetra Dictyocyathus, Archaeocyathus (Spirocyathus), Labyrinthomor pha Сарала, Кузнецкий Алатау Агсhaeolynthus, Ajacicyathus, Septocyathus, Leptosocyathus, Loculicuathus, Tersicyathus, Tabulocyathus, Coscinocyathus, Trilobita	Coscinocyathus, Loculicyathus, Dokidocyathus, Ethmophyllum Thalamocyathus, Cyclocyathus, Archaeolynthus Gymnarun	5, TO
		France	Бирюса, Гавриловка Archaeocyathus, Protopharetra, Archaeolynthus, Alacicyathus, Coscinocyathus, Retecyathus, Labyrinthomopha	y-	ella
	12	Коленекан	Бык, Енисейский кряж Rhabdocyathella karpinskii, Archaeolynthus		Bonnia-Obolella
			Аккол	Юдом Paedeumias	B



не всегда однородные комплексы в бассейнах геосинклинали и платмы. При этом некоторые этапы кембрийского времени тут и там пока остая названными фаунами неохарактеризованными. Начало среднего кемя во всей Сибири выражено отчетливо коренным обновлением археоциатолобитовых фаун (Торгашино-Еланка). Местное присутствие реликтовых ов и видов подтверждает лишь местную преемственность бассейнов. не менее ясно, что в бассейнах платформы археоциаты исчезли значивно ранее, чем в бассейнах юга Сибири, где в массовом развитии они догли почти века Paradoxides forchhammeri, при огромном, местами (Санашгол, Лебедь, Кеня, Долгий Мыс), количестве совместно обитавших ейств, родов и видов: только в санаштыкольском горизонте автором было ановлено более 80 видов археоциат.

Саланрские движения, морской и наземный вулканизм сделали фауну еоциат к верхам среднего кембрия редкой. Ее реликты в ордовике и си-

е имели в Евразии уже незначительное распространение.

Палеонтологический институт Академии наук СССР Поступило 13 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 А. Г. Вологдин, Археоциаты. Атлас руковод. форм, 1, Кембрий, 1940. Г. Вологдин, Археоциаты и их стратиграфическое значение, 1956., В А.Г. Вогдин, Кембрий СССР, Тр. 20-й сесс. Межд. Геол. Конгр., Симпознум по кембрию, 1956. Т. Журавлева, Наставление по сбору и изучению археоциат, Изд. АН СССР, 4. В Покровская, Вопр. геол. Азии, 1, Изд. АН СССР, 1954. В Покрова, Вопр. геол. Азии, 1, Изд. АН СССР, 1954. В Покрова, Вопр. геол. Азии, 1, Изд. АН СССР, 1954. Сивов, Кембрийя система. Атлас руковод. форм. иск. фауны и флоры Зап. Сибири, 1, 1955. J. Okulitch, Archaeocyatha, Treatise on Invertebrate Palaeontology, Part E, Geol. Атл., 1955.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Б. В. НАЛИВКИН

псевдопланктонные пелециподы доманика

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 28 VI 1956)

Среди фауны доманиковой фации среднедевонских и верхнедевонских отложений Урала и Приуралья очень широко распространены представител родов Pterochaenia и Buchiola. Известны случаи, когда в кернах поверхност некоторых пропластков сплошь покрыта птерохениями, среди которых наи большим распространением пользуются Pterochaenia fragilis (Hall) и е вариететы. Изучение условий захоронения раковинок Pterochaenia при водит к заключению о преобладающем псевдопланктонном образе жизн особей этого рода. Такое заключение вытекает из следующих данных 1) Створки отдельных представителей этого рода, как правило, погребени в разобщенном состоянии и на одной и той же поверхности наслоени всегда встречаются как правые, так и левые створки. 2) Наряду с вполн взрослыми экземплярами, достигающими нескольких миллиметров диаметре (наиболее крупные — до 10 мм), попадаются раковинки очен молодых экземпляров, близких к стадии продиссоконха, размером окол 0,2 мм. 3) Створки, как правило, хорошо сохраняются, несмотря на чрез вычайно незначительную толщину (всего ~0,05 мм) и размеры. 4) Сильно развитие переднего крыла, и, что наиболее важно для наших выводов авикуловидное очертание раковины. 5) Совместное нахождение с плавак щими организмами — гониатитами и тентакулитами, обычно при отсут ствии бентонных форм.

Из приведенных данных можно сделать следующие выводы: 1) Совмест ное нахождение разобщенных створок взрослых и молодых экземпляров резко отличающихся по размерам, указывает на их перемещение, но не п горизонтали, а по вертикали. Вертикальный перенос подтверждается такж хорошей сохранностью створок, несмотря на их крайне незначительную толщину. 2) Чрезвычайная ажурность створок (они тоньше папироснобумаги и прозрачны даже в ископаемом состоянии) может быть связан только со взвешенным в морской среде существованием. Раковины бентонных животных более массивны и непрозрачны. 3) Авикуловидное очерта

ние раковины указывает на сильное развитие биссуса.

И, как общий вывод, вырисовывается псевдопланктонный образ жизни прикрепление к плавающим водорослям, отпечатки которых имеются в дома никовых сланцах. На тех же водорослях, переносимых морскими течениями, жили также и представители рода Buchiola, пользовавшегося доманиковом море весьма широким распространением. Но бухиолы вели вероятно, несколько иной образ жизни — они прикреплялись и, возможне ползали по побегам водорослей, подобно тому, как в настоящее время эт делают представители рода Pisidium (1).

В строении раковин родов Pisidium и Buchiola много общего: они тонки равностворчаты, округленного очертания, обладают значительной выпуклостью и весьма незначительными размерами (некоторые виды Pisidium

имеют не более 2 мм в длину).

Интересную мысль высказал еще в 1932 г. Д. В. Наливкин (2), признаний пелеципод доманика за планктонные формы. Однако имеется рясоображений, которые не позволяют нам присоединиться к этому предполежению. Прежде всего этому противоречат авикуловидные очертания ствемые

Pterochaenia. Скошенное, авикуловидное очертание створок свидетельет о подвешенном — при помощи биссуса — образе жизни. Что вется Buchiola, то с планктонным образом жизни не согласуется хорошо итая у них раковина с грубыми и очень своеобразными, характерными ко для Buchiola, радиальными ребрами. Раковинка эта, измеряющаяся вно несколькими миллиметрами, но достигающая значительной вы-

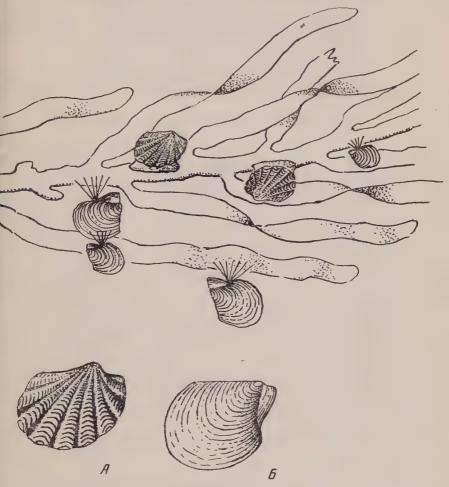


Рис. 1. Реконструкция бухиол и птерохений на плавающей водоросли. A — Buchiola, 5 imes; $\mathcal B$ — Pterochaenia, 6 imes

клости, очевидно, связана с первичными защитными функциями раковин-

х образований.

Нет необходимости считать, что все представители родов Pterochaenia Buchiola вели исключительно псевдопланктонный образ жизни. Нет инения, что в прибрежных условиях и птерохении и бухиолы были связас прикрепленными к субстрату водорослями и что бухиолы, возможно, изали также по дну. Но логичнее всего находки птерохений и бухиол на площади, занятой доманиковой фацией, можно объяснить переносом орванных водорослей с их своеобразным пелециподовым биоценозом.

Поступило 16 III 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Жизнь пресных вод СССР, 1, 1940, стр. 82. ² Д. В. Наливкин, Учение о фаях, 1932, стр. 82.

ГИСТОЛОГИЯ

и. А. АЛОВ

о возникновении митозов при регенерации печени

(Представлено академиком Л. А. Орбели 30 VIII 1956)

В физиологических условиях клетки ряда органов взрослого организма в процессе развития утрачивают способность к митотическому делению. В то же время при повреждении этих органов во время репаративной регенерации их клеточные элементы вновь приобретают способность к митотическому делению. Механизм пробуждения митозов при регенерации до сих пор остается неясным. Нами было показано, что введение белка (сыворотки крови экстрактов разных органов) в организм животного вызывает возникновение митозов в таких клетках, в которых они в физиологических условиях отсутствуют (клетки печени, поджелудочной железы, швановские, хрящевые, белковые, слизистые клетки и др.). Исходя из этих наблюдений, было высказано предположение, что пробуждение митозов при регенерации связано с накоплением клетками белка (1).

Учитывая, что в очаге регенерации происходят усиленные процессы протеолиза, прежде всего представлялось важным выяснить, обладают ли способностью пробуждать митозы не только белок, но и продукты его распада. В связи с этим были предприняты опыты, в которых животным вводили различные фракции сыворотки крови, пептон и аминокислоты. Опыты проводили на взрослых белых мышах (4—5 мес.). Объектом исследования служила печень и поджелудочная железа, в которых у взрослых животных мигозы отсутствуют. Белковые растворы вводились интраперитонеально по 0,2—0,3 см³ в течение 3 суток. Материал обследовался через 1, 2, 3 и 4 суток после последней инъекции. В I серии опытов вводили глобулиновую фракцию (0,5% раствор) лошадиной сыворотки, во II серии — альбуминовую фракцию (0,5%), в третьей — 5% раствор пептона, в четвертой — смесь аминокислот: лизин, аргинин, аспарагиновая и глютаминовая кислота, гистидин триптофан, метионин, цистеин (препарат «парэнпит», по 16 мг на животное).

Результаты двух первых серий оказались аналогичными опытам с вве дением цельной сыворотки: в печеночных и купферовских клетках печени в ацинозных и островковых клетках поджелудочной железы (рис. 1) возника ли митозы. Они появлялись на 2 сутки после последней инъекции и коли чество их достигало максимума на 3 сутки. В опытах с введением глобули нов митотическая активность всегда была более значительной, чем после введения альбуминов (10—30 митозов на площади 15—18 мм²). При осажде нии белков (нагревание до 60-90°) ни глобулиновая, ни альбуминовая фрак ции митозов не вызывали. В опытах с введением растворов пептона в печени и поджелудочной железе как и в предыдущей серии, возникали митозы но количество их было обычно небольшим (3-10 митозов на той же площади) Введение смеси аминокислот митотической активности ни в печени, н в поджелудочной железе не вызывало. Таким образом, результаты этих опытов показывают, что белок и продукты его неполного распада обладаю способностью пробуждать митотические деления в клетках, которые во взрос лом организме в обычных условиях утрачивают эту способность.

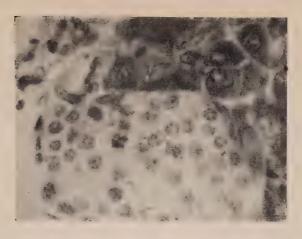


Рис. 1. Митоз в клетке островка Лангерганса после введения глобулиновой фракции сыворотки



Рис. 2. Раневая поверхность печени после частичной экстирпации(A) и после дополнительной обработки азотнокислым серебром (E)

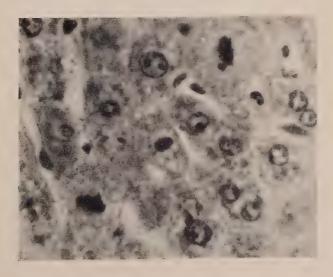
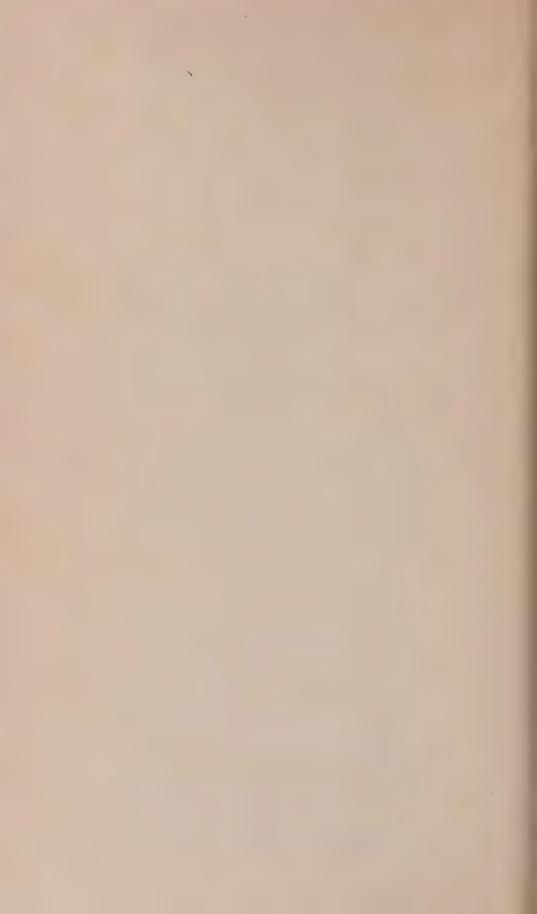


Рис. 3. Митозы в печени одного из парабионтов после частичной экстирпации печени у второго партнера



[ля изучения возникновения митозов при регенерации исследовалась ративная регенерация печени белых мышей. Если при регенерации твует тот же механизм возникновения митозов, что и в опытах с введеи белка, то следовало бы ожидать прямой зависимости между интенсивъю тканевого распада и величиной митотической активности. С другой оны, как и в опытах с введением белка, митозы должны были бы вознине только в поврежденной доле печени, но и в других ее долях, а возможпри отсутствии органной специфичности процесса), и в других органах. ом отношении печень белых мышей является удобным объектом: она резрасчленена на доли, которые связаны между собой кровеносными соими с незначительными прослойками печеночной ткани.

3 I группе опытов животные подвергались частичной экстирпации полоы одной или двух долей печени. Митотическая активность изучалась 3 1, 2, 3 и 4 суток после операции в регенерирующей и неповрежденных ях печени. Результаты опытов показали, что, так же как и после введения ка, митозы в регенерирующей печени появляются на 2 сутки после поврения, достигая максимума на 3—4 сутки. Раньше они возникают в куповских и позже в печеночных клетках. Как и в опытах с введением белка эзы равномерно распределены в регенерирующей доле без тенденции величению в районе повреждения. Наконец, как и в опытах с введением ка, митозы возникают не только в поврежденной доле, но и в остальных ях печени, даже непосредственно не связанных с оперированной частью ени. При этом величина митотической активности во всех отделах печени ти одинакова.

Уже в этих опытах наметилась зависимость между величиной повреждеткани и митотической активностью. При повреждении двух долей печени никло больше митозов, чем при повреждении одной доли. При нанесении ть небольшого раневого дефекта митозы появлялись только в регенерируюі доле. Зависимость между величиной тканевого распада и митотической ивностью отчетливо выявилась во II группе опытов. В этих опытах после тирпации половины одной доли печени раневая поверхность смазывалась раствором азотнокислого серебра, обладающего сильным некротизиэщим действием. Контрольные мыши подвергались лишь частичной экспации печени без химического повреждения раневой поверхности. группы животных забивались через 3 суток после операции. Анализ паратов показал, что обработка азотнокислым серебром увеличила асть тканевого распада в 3—5 раз по сравнению с ее размерами у конльных животных (рис. 2). Соответственно этому в регенерирующей печени поврежденной и неповрежденных долях) значительно возрастала митотикая активность. Если у контрольных животных обнаруживается 4—10 гозов печеночных клеток, то при дополнительном химическом повреждеи 15—35 митозов (на площади 15—18 мм²).

Совпадение времени возникновения митозов при регенерации и после введет белка, особенности распределения митозов в печени, их возникновение геповрежденных долях, нарастание митотической активности при увелинии распада ткани позволяют предполагать, что возникновение митозов и регенерации связано с накоплением клетками белка или продуктов его полного распада. Существование такого гуморального механизма возникнония митозов при регенерации подтверждают опыты с парабиозом. В опытах крысах было показано (2,3), что частичная экстирпация печени у одного парабионтов приводит к увеличению митотической активности в печени ррого, не подвергавшегося операции партнера. Нами были проведены алогичные опыты на белых мышах. Операция парабиоза была проведена 5 парах 4-месячных мышей. На 16—18 сутки после операции у одного партнеров удаляли половины двух долей печени. Через 3 суток после тичной экстирпации печени оба парабионта забивались. В печени обоживотных (как оперированного, так и неоперированного) были обнаруны митозы в купферовских и печеночных клетках (рис. 3).

Митозы в печени могут возникать не только при регенерации, но и при некоторых других патологических процессах. Мы, например, находили их в печени после перевивки под кожу взрослым животным опухолей (карцинома Эрлиха и саркома Крокера). Не исключено, что и в этом случае одним из факторов, вызывающих деление печеночных клеток, являются

белковые продукты распада тканей.

Изложенные наблюдения показывают, таким образом, что возникновение митозов в регенерирующей печени связано с распадом поврежденных тканей. Гибель одних клеток вызывает размножение других. Опыты с введением белка позволяют считать, что в основе этого процесса лежат не особые раневые гормоны, а накопление клетками белка или продуктов его неполного распада. Возникновение митозов под влиянием белковых продуктов распада других клеток является, повидимому, наиболее простым и филогенетически наиболее старым способом регуляции клеточных делений в тканях. Остается пока неясным вопрос об органной специфичности этого действия белка. Во всех опытах с частичной экстирпацией печени мы одновременно исследовали поджелудочную железу, однако сколько-нибудь значительной митотической активности в ней не обнаружили. Эти наблюдения позволяют думать об органной специфичности процесса: митозы пробуждаются лишь специфичным для данного органа или ткани белком. Это предположение, кажущееся вполне вероятным, встречается с одним затруднением: в опытах с введением различных экстрактов (печени, почек, селезенки) митозы возникли в разных органах независимо от характера белка (1). Возможно, что в этих случаях имела место значительная нагрузка белком, а органная специфичность его действия проявляется лишь в условиях относительно небольших количеств белка или при сравнительно небольшом тканевом распаде, как в опытах с экстирпацией печени. Последующие опыты покажут насколько вероятно это предположение и в какой мере пробуждение митозов при накоплении клетками белка имеет органоспецифический характер.

Хабаровский государственный медицинский институт

Поступило 27 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

 1 И. А. Алов, ДАН, 104, № 5, 783 (1955). 2 N. Bucher, J. Scott, J. Aub, Canc. Res., 11, 6, 457 (1951). 3 А. Аllegri, M. Foresti, G. Rizzolini, Arch. Sci. Med., 97, 3, 248 (1954).

ЭКОЛОГИЯ

Ю. П. ЗАЙЦЕВ

ТS-ДИАГРАММЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ ИКРЫ НЕКОТОРЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 23 VI 1956 У

Известно, что гидрологический режим прибрежных опресненных райвирам очень неустойчив. Вследствие хорошо выраженной вертикальной частификации воды и действию сгонно-нагонных ветров, здесь наблюдаютчастые и значительные колебания показателей всех гидрологических ментов.

Поэтому, изучая ихтиопланктон Одесского залива и соседних с ним райв (до Тендровского залива и Днепровского лимана на восток) в течение 0—1955 гг., мы встречали икру и личинок рыб при самых разнообразных овиях среды. При этом выяснилась приуроченность отдельных видов инок и икры к определенным сочетаниям гидрологических элементов. бенно заметной оказалась связь между пелагической икрой разных вирыб и температурой и соленостью воды. Так как при вылове ихтиопланка всегда определялась температура воды и бралась проба для определения ености, мы накопили значительное количество данных, которые позволинам начертить диаграммы встречаемости икры, в координатах температу—соленость (см. рис. 1 на стр. 194).

На этих диаграммах каждая точка соответствует одному улову икры. плиаграммы встречаемости икры в какой-то мере напоминают климограмприменяемые в климатологии и зоогеографии. Они являются хорошим дством графического изображения связи пелагической икры с двумя овными гидрологическими элементами и могут найти широкое примене-

при изучении биологии размножения рыб.

Гочки, обозначающие уловы, занимают наибольшую площадь на диаграмхамсы, морской мыши и морского языка. Это связано с малым удельным м икры этих видов (1), могущей находиться во взвешенном состоянии вначительно опресненной морской воде. Менее пловучие икринки других в имеют соответственно меньшее распространение в водоеме, вследствие

точки на их диаграммах занимают меньшую площадь.

учевидно, что те места на диаграммах, в которых сосредоточено наибольколичество точек, указывают на оптимальные условия температуры

лености для каждого вида икры.

З-диаграммы могут быть использованы при выяснении возможностей ножения того или иного вида в данном районе моря и в данное время. Для этого необходимо начертить диаграмму колебаний температуры пености воды интересующего района и времени года и сличить ее с ТЅ-раммой встречаемости икры нужного вида. Таким путем можно будет новить, как изменяются в определенных районах моря гидрологичеусловия, необходимые для нереста рыб, в результате гидротехнической нструкции рек.

Гидробиологическая станция десского государственного университета им. И. И. Мечникова

Поступило 21 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА Ю. П. Зайцев, ДАН, 94, № 3, 577 (1954).

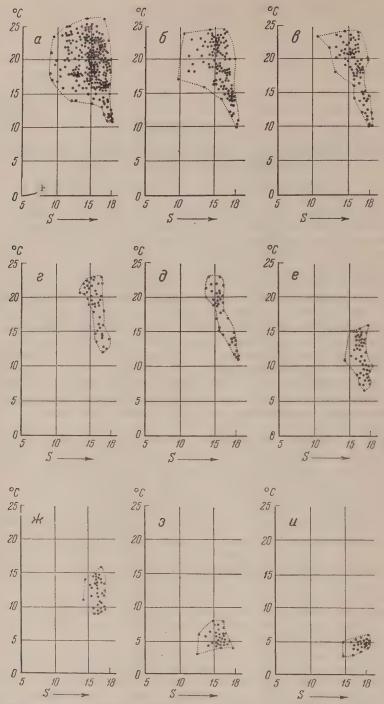


Рис. 1. TS-диаграммы встречаемости икры черноморских рыб различных видов в районе Одесского залива. a — Engraulis, b — Callionymus, b — Solea, b — Mullus, b — Trachurus, b — Sprattus, b — Gaidropsarus, b — Pleuronectes, b — Odontogadus

ГИДРОБИОЛОГИЯ

н. г. виноградова

ОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АБИССАЛИ МИРОВОГО ОКЕАНА

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 26 IV 1956)

Среди зоологов конца прошлого столетия была широко распространена рия космополитического распространения морской глубоководной фам. Наиболее определенно эту теорию развивали А. Агассиц (9) и Ортман (17). Последний, давая схему районирования океана, выделил абистыную зону жизни, как зону, единую для всего Мирового океана. ение об очень широком распространении глубоководной фауны под-

живается некоторыми авторами и в настоящее время $(^{14})$.

Однако уже на основании данных по фауне больших океанических глун, полученных в результате работ первых глубоководных экспедиций на елленджере», «Вальдивии» и других, было показано, что глубоководная уна различных частей скеана различна (16). С. Экман (11) разделяет абисв Мирового океана на три, или, возможно, четыре зоогеографических тасти — Атлантическую, Тихоокеанскую, Арктическую и Антарктичелю. Близкую схему зоогеографического районирования глубин Мирового чана проводит и Киркенгард (13) на основании анализа фауны глубоководх полихет.

Самые последние данные, полученные в результате работ глубоководных спедиций на «Витязе», «Галатее» и «Альбатросе II», позволяют говорить начительной самостоятельности глубоководной фауны различных райо-

(1-3, 7, 8, 10)

Нами были использованы по возможности все материалы глубоководных педиций различных стран, начиная с середины прошлого века и кончая следними экспедициями, а также отдельные работы, в которых имелись кие-либо указания о нахождении животных на глубинах более 2000 м.

лный список литературы приведен нами ранее (⁴).

Произведенный анализ географического распространения глубоководных едставителей Spongia, Coelenterata, Cirripedia, Isopoda, Pantopoda Echinodermata (без Ophiuroidea) общим количеством 1031 вид, встреченх на глубинах более 2000 м, показал, что распространение большей части (около 85%) ограничено каким-нибудь одним океаном. Роды же в больнстве своем космополитичны, а для семейств космполитическое распроанение является правилом.

В табл. 1 приводятся данные, характеризующие степень приуроченности личных групп глубоководных животных к различным частям Мирового ана. Наиболее обособленными являются глубоководные фауны Тихого Атлантического океанов, в которых соответственно 73,2% и 76,0% ви-

являются эндемичными.

Большой процент глубоководных видов, отмеченных только в Атлантиком океане, указывает на большую самостоятельность глубоководной уны этого океана, не уступающую самостоятельности фауны Тихого оке-. Что касается Индийского океана, то фауна его глубин обладает наимышим количеством эндемичных видов (несколько более половины).

	На	1	41	исло вид	ов (в п	роцентах	:)	
Группа	Число видов в глубине более 2000 м	только в Ат- лантическом океане	только в Ти-	только в Ин- дийском океане	в Атлантиче- ском и Тихом океанах	в тихом и Ин- дийском океа- нах	в Атлантиче- ском и Индий- ском океанах	в Атлантиче- ском, Тихом и Индийском океанах
Spongia Coelenterata Corripedia Isopoda Decapoda Pantopoda Echinodermata (без Opl dea) Pogonophora	152 114 20 97 75 25 1iuroi- 528	21,4 40,4 25,0 51,5 22,7 44,0 33,1	48,4 21,0 10,0 33,0 32,0 28,0 35,2 95,0	23,8 16,7 25,0 10,3 12,0 8,0 17,1 5,0	1,3 6,2 15,0 2,1 10,7 12,0 3,0	1,3 7,9 10,0 2,1 4,0 4,0 5,6	2,5 2,6 - 1,0 5,3 - 2,6	1,3 5,2 15,0 13,3 4,0 3,4
Все	ero 1031	32,6	35,5	16,8	4,0	4,8	2,1	4,2
			84,9			1	5,1	

На основании анализа географического распространения абиссальной фауны донных беспозвоночных в различных районах Мирового океана мы считаем возможным выделить следующие зоогеографические области абиссальной фауны (рис. 1):

1. Тихоокеанско-Северо-Индийскую глубоководную область,

2. Атлантическую глубоководную область, 3. Антарктическую глубоководную область.

Фауна этих областей отличается высокой степенью эндемичности видов а также значительным количеством эндемичных родов и даже семейств. Так, между Тихоокеанско-Северо-Индийской и Антарктической областями имеется только 4,5% общих видов, а между Атлантической и Антарктической и между Атлантической и Тихоокеанско-Северо-Индийской соответственно 8,4 и 9,5%.

Тихоокеанско-Северо-Индийская глубоководная область охватывает Тихий океан, за исключением его антарктических районов, и северную часть Индийского океана приблизи-

тельно до 35° южной широты.

Глубоководная фауна северной части Индийского океана, где очень сильно сказывается влияние тихоокеанской фауны, обладает, с другой стороны, и известной самостоятельностью, что позволяет разделить эту область на Тихоокеанскую и Северо-Индийскую подобласть на Тихоокеанскую и Северо-Индийскую подобластями проходит в районе Малайского архипелага.

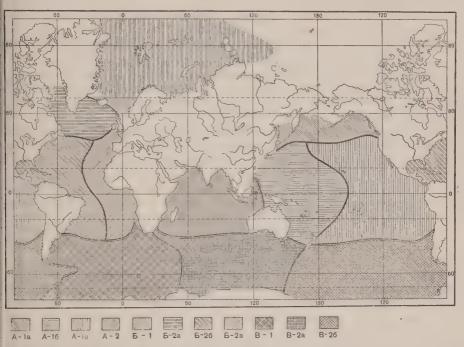
Тихоокеанскую подобласть в свою очередь можно разделить на три провинции: Северо-Тихоокеанскую, граничащую примерно по 40° с. ш. с Восточно- и Западно-Тихоокеанскими провинциями, граница между которыми проходит по подводному Гавайскому хребту, Гавайским островам и далее на юг по направлению к Новой Зеландии.

Атлантическая глубоководная область охватывает как районы самого Атлантического океана, приблизительно до плато

 $^{^*}$ В работе Л. А. Зенкевича (6), где приводится наша схема зоогеографического районирования абиссали Мирового океана, в результате опечатки Северо-Индийская подобласть ошибочно оказалась включенной в Атлантическую область.

ю-Гранде и хребта Китового (40° ю. ш.), так и глубины Северного Полярго бассейна.

Относительно глубоководной фауны последнего в литературе устанолось мнение о том, что эта фауна характеризует самостоятельную зоогеоафическую область (3, 5, 16, 11). С другой стороны, еще Мюррей и Йорт (16) азывали, что целый ряд атлантических глубоководных видов прони-



ис. 1. Схема зоогеографического районирования абиссали Мирового океана. A — Тихоис. 1. Схема зоогеографического раионировання абиссали пирового обезана. А — Тихо жеанско-Северо-Индийская глубоководная область; A-I — Тихоокеанская подобласть, I-Ia — Северо-Тихоокеанская провинция, A-I6 — Западно-Тихоокеанская провинция, I-I6 — Восточно-Тихоокеанская провинция, I-I6 — Восточно-Тихоокеанская провинция, I-I6 — Северо-Индийская подобласть, I-I6 — Атлантическая подобласть, I-I6 — Северо-Атлантическая провинция, I-I6 — Западно-Атлантическая провинция, I-I6 — Восточно-Атлантическая провинция, I-I6 — Восточно-Атлантическая провинция, I-I6 — Восточно-Атлантическая провинция, I-I6 — Антарктическая глубоководная объекты I-I6 — Восточно-Атлантическая провинция, I-I6 — Антарктическом объекты I-I6 — Объекты I-I6 — Антарктическом объекты I-I6 — Объек оводная область: В-1 — Антарктическо-Атлантическая подобласть, В-2 — Антарктическо-Індийско-Тихоокеанская подобласть, B-2a — Индийская провинция, B-2б — Тихоокеанская провинция

ает в арктические районы. Экман (12) указывает, что арктическая глубосоводная фауна на 32,5% состоит из таких видов. Ряд авторов (5 , 12 , 11) оворит о том, что некоторые беспозвоночные арктических глубин так лизко родственны с атлантическими глубоководными видами, что должны выводиться от единого корня.

Известно (5,12), что в абиссали Полярного бассейна совершенно отсуттвуют эндемичные глубоководные роды среди изопод и амфипод и имеется ишь совершенно незначительное число таких родов среди других групп кивотных. Это подтверждается и проанализированными нами материалами.

Мы считаем, что было бы правильнее абиссаль Северного Полярного бассейна объединить в единой зоогеографической области с абиссалью Атантического океана, выделив ее в качестве Арктической подобасти. Тем самым, с одной стороны, подчеркивается связь глубоководной рауны Арктики с фауной глубин Атлантического океана, которые слеует выделить в Атлантическую подобласть той же зоогеорафической области, и с другой — резкое отличие ее от тихоокеанской лубоководной фауны. Граница между обеими подобластями проходит в районе подводного Гренландско-Исландско-Фарерского порога.

Глубоководную фауну Атлантической подобласти можно разбить на фауну трех провинций: Северо-Атлантической, Восточно-Атлантической и Западно-Атлантической, которые отличаются друг от друга наличием характерных для них глубоководных видов, но не имеют больших различий в таксономических группах более высокого ранга. Северо-Атлантическая провинция ограничивается от двух остальных линией, проходящей в районе острова Ньюфаундленд, несколько севернее Азорских островов и далее к Великобритании. Восточно- и Западно-Атлантические провинции разделяются подводным Атлантическим хребтом. Южные границы обоих указанных провинций с Антарктической глубоководной областью проходят, видимо, по возвышенностям плато Рио-Гранде и хребту Китовому приблизительно в районе 40° южной широты. Неоднородность глубоководной фауны Атлантического океана отмечалась рядом авторов (12, 16, 15), причем схемы деления этой фауны, приводимые ими, очень близки к нашей схеме.

Антарктическая глубоководная область охватывает глубины Атлантического, Индийского и Тихого океанов примерно южнее 40° южной широты. Глубоководная фауна этих районов отличается значительной таксономической самостоятельностью, особенно на больших глубинах. На глубинах более 4000 м виды, общие с другими областями, вообще отсутствуют. Здесь имеется довольно большое количество эндемичных глубоководных родов, а также целый ряд семейств характерных только для этих районов, или встречающихся преимущественно в Антарктике.

Характер распространения глубоководных животных в этой области дает возможность разделить Антарктическую глубоководную область на две подобласти: Антарктическо-Атлантическую и Антарктическо-Индийско-Тихоокеанскую. Вторая подобласть в свою очередь может быть разделена на две провинции: Индий-

и Тихоокеанскую.

Граница между двумя подобластями Антарктической глубоководной области, с одной стороны проходит в районе Южно-Атлантического хребта и с другой — от мыса Доброй Надежды через острова Крозе к земле Эндерби (Антарктида). Что касается границы между двумя провинциями Антарктическо-Индийско-Тихоокеанской подобласти, то она проходит примерно от

островов Тасмания — Новая Зеландия к земле Короля Георга V.

Предлагаемая здесь схема зоогеографического районирования абиссали Мирового океана характеризует в первую очередь верхне-абиссальную подзону абиссальной зоны на глубинах 3000—4500 м (4), поскольку наибольшее количество данных, которыми мы располагали, получены именно с этих глубин. Возможно, что фауна больших глубин океана будет характеризоваться несколько иными закономерностями распространения, а именно большей обособленностью фауны отдельных районов.

Институт океанологии Академии наук СССР

Поступило 27 VIII 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Я. А. Бирштейн, Л. Г. Виноградов, Зоол. журн., 32, в. 2 (1953). 2 Я. А. Бирштейн, М. Е. Виноградов, Тр. Инст. океанол., 12 (1955). 8 К. А. Бродский, Фауна веслоногих рачков и зоогеографическое районирование Северной части Тихого океана. Диссертация, Инст. океанологии, 1952. 4 Н. Г. Виноградова, Географическое распространение глубоководной донной фауны океана. Диссертация, Инст. океанологии, 1955. 5 Е. Ф. Гурьянова, ДАН, 20, № 4 (1938). 6 Л. А. Зенкевич, Инст. океанологии, 1955. 5 Е. Ф. Гурьянова, ДАН, 20, № 4 (1938). 6 Л. А. Бирштейн, Г. М. Беляев. Природа, № 2 (1954). 8 Т. С. Расс, Природа, № 2 (1953). 9 А. Адаssiz, Bull. Mus. Comp. Zool., 15 (1888). 10 W. Н. Dahl, 14 Intern. Zool. Congr., Copenhagen, 1953. 11 S. Еск man, Tiergeographie des Meeres, Leipzig, 1935. 12 S. Еск man, Zoogeography of the Sea, London, 1953. 13 J. В. Кігкеn gaard, 14 Intern. Zool. Congr., Copenhagen, 1953. 15 Th. Mortensen, The Danish Ingolf-Exp., 4, 2 (1907). 16 J. Murray, I. Hjort, The Depths of the Ocean, London, 1912. 17 A. E. Ortmann, Grundzüge der marinen Tiergeographie, Jena, 1896.

ГИДРОБИОЛОГИЯ

А. К. ГЕЙНРИХ

о продукции копепод в беринговом море

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 5 VI 1956)

В настоящей работе исследуется продукция массовых копепод Берина моря: Calanus cristatus, С. tonsus, С. finmarchicus (Gunnerus), lat., Eucalanus bungii и Metridia pacifica. Для сравнения продукции гопланктона и копепод необходимо учитывать продукцию водорослей тностью, т. е. во всем слое, в котором она произведена. Исследованные

пеподы распространезначительно глубже, и глубина слоя, в = гором происходит разожение водорослей, но вони, согласно К.В. Беемищеву (1), испольют в пищу диатомей, оторыми встречаются агодаря вертикальным грациям. Поэтому и одукцию копепод, отрмившихся на диатоях, надо учесть полстью, т. е. под 1 м^2 всем столбе воды до убин их распространия.

Материалом послужисборы планктона, проведенные на «Витязе» период с 1950 по 1953 г. июне, августе—сентяб-, сентябре—октябре и

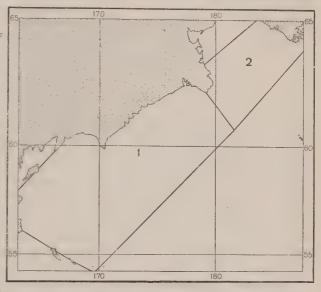


Рис. 1. Районы Берингова моря, в которых производились исследования продукции копепод. 1 — западные районы, 2 — северный район

кабре—январе; всего использовано 1010 проб. Продукция копепод рассмотна отдельно для западных и северного районов (рис. 1), так как они отличастя как по физическим условиям, так и по массовым видам и особенностям годовых циклов.

Предварительно были изучены годовые циклы размножения и развития пепод (4). Calanus cristatus, обе расы С. tonsus и Eucalanus bungii в западих районах моря моноцикличны. Основную часть годовой продукции этих дов составляет их максимальная в течение года биомасса, наблюдавшаяся июне в тех участках западных районов, где преобладают старшие стадии. пределах западных районов всюду у копепод одинаковое число генераций одинаковый общий ход развития. Но в отдельные сроки наблюдений разме участки западных районов отличаются по сезонному состоянию, в том сле и по возрасту и численности копепод. Такие различия являются сенными различиями. Сопоставляя возраст и численность копепод в этих вных по сезонному состоянию участках моря, можно вычислить убыль пепод на разных стадиях развития и увеличение веса при переходе в старие стадии. Вычисленная нами годовая продукция каждого вида представние стадии.

ляет сумму следующих величин: 1 — максимальной в течение года биомассы, 2 — биомассы копепод, погибших на ранних стадиях развития, 3 — прироста веса при переходе популяции копепод в старшие стадии. Вычисленная таким образом годовая продукция может быть принята как минимальная, так как из-за редкости сборов недостаточно полно учтена численность молодых стадий. Кроме того, в июне планктон собран на большинстве станций

Таблица 1 Годовая продукция копепод в Беринговом море в г под 1 м²

Вид	Западные	Северный район
Calanus finmarchicus Calanus tonsus Calanus cristatus Eucalanus bungii Metridia pacifica	22 26,5 51 16	5,2 - 1,6 3,3
Bcero	115,5	10,1

только до глубины 200 м, а изученные копеподы распространены до 500м. В это время по М. Е. Виноградову (3) копеподы сосредоточены в верхних 100 м, поэтому основная часть их учтена, но некоторый недолов имел место.

В отличие от других копепод у Metridia расіfіса в западных районах четыре генерации в год. Максимальная биомасса ее наблюдалась в сентябре—октябре. К этому времени уже начинает развиваться третья генерация. Из-за редкости сборов нельзя определить число особей, погибших наразных стадиях. Можно считать, что приблизительно годовая продукция этого вида составит величину, получающуюся от умножения величины максимальной биомассы на число генераций (5).

В северном районе сборы планктона производились до дна (средняя глубина 55 м). Calanus finmarchicus, Eucalanus bungii и Metridia pacifica там моноцикличны. Максимальная в течение года биомасса Calanus finmarchicus и Metridia pacifica наблюдалась в сентябре. Она была использована в качестве основной части годовой продукции и дополнена весом животных, погибших на молодых стадиях, и приростом веса при переходе популяции во взрослую стадию. Эти величины получены при сравнении численности копепод в июне и сентябре. Calanus cristatus и C. tonsus в северном районе не размножаются. В какой степени у них происходит в этом районе прирост биомассы, неизвестно, но наблюдавшаяся биомасса невелика, у С. tonsus она достигала 2,3 г под 1 м², у С. cristatus 0,63 г под 1 м².

Как видно из данных табл. 1, в западных районах продукция копепод более чем в десять раз превышает их продукцию в северном районе. Продукция фитопланктона, вычисленная Д. А Сметаниным (4) по расходу фосфора, близка в этих районах, а вдали от берега в западных районах немного ниже (37—60 г С под 1 м² за сезон обилия фотопланктона), чем в северном районе (50—60 г С под 1 м²). Следовательно, в северном районе копеподы недоиспользуют фитопланктон. Если продукцию фитопланктона и конепод выразить в сыром весе (11), то вдали от берегов в западных районах величина продукции копепод составит 1/12—1/19 от величины про-

дукции фитопланктона, а в северном районе — только 1/200.

Западные и северный районы отличаются по глубине. Исследованные копеподы распространены до глубины 500 м в западных районах, а в северном районе до дна при средней глубине 55 м. Но разница в продукции зоопланктона в этих районах различиями в глубине необъяснима. Величина продукции в северном районе не является предельной для морей с такой же или меньшей глубиной. В Азовском море, например, при средней глубине около 7 м только максимальная биомасса копепод равна 4 г под 1 м². Продукция достигает 42 г под 1 м² в год ("). Следовательно, надо искать других причин различий в продукции копепод в этих районах.

Ввиду холодноводности и мелководности северного района некоторые копеподы, имеющие большое значение в западных районах, не могут размно-

гься в северном районе (Calanus cristatus, C. tonsus), у других (Metri-

pacifica) период размножения короче.

Значительную часть общей продукции зоопланктона в северном районе тавляет продукция Calanus finmarchicus и Metridia pacifica. Размножеэтих видов происходит в начале развития фитопланктона. Поэтому ериод его максимального развития преобладают молодые стадии, а старе стадии преобладают тогда, когда количество фитопланктона уже успет значительно уменьшиться. При таком годовом цикле, как справедливо иечает К.Б. Беклемишев (1), фитопланктон используется менее полно, в том случае, когда с массовым развитием фитопланктона совпалает обладание старших стадий. Последнее имеет место у большинства масых копепод западных районов (4). Размножение у одних из них происхозимой (Calanus cristatus, крупная раса С. tonsus), у других (мелкая раса tonsus, Eucalanus bungii) — летом, но не в начале развития фитопланктокогда его особенно много, а позднее. В июне, когда образуется основная ть годовой продукции фитопланктона, у копепод происходит быстрое и пое значительное в течение года увеличение индивидуального веса (4). цовой максимум биомассы зоопланктона и отдельных массовых видов иходится на июнь, т. е. на начало развития фитопланктона.

Возможно, что той же причиной объясняется малая по сравнению с оинговом морем продукция копепод в Баренцовом море ($65\ {
m r}$ под $1\ {
m m}^2$) при одинаковой по Д. А. Сметанину (4) продукции фитопланктона в этих рях. У Calanus finmarchicus в Баренцовом море с началом развития фи**гланктона совпадает** преобладание молодых стадий, сравнительно слабо ребляющих фитопланктон. Поэтому часть фитопланктона недоиспольтся. Еще одной причиной недоиспользования фитопланктона в Барензом море является сильное истребление копепод рыбами. В Беринговом ре выедание копепод, повидимому, происходит слабее, так как отсутствумногочисленный планктофаг, способный заместить атлантическую сельдь. Но в морях, где у Calanus finmarchicus несколько генераций, в результаускоренного развития старшие стадии захватывают период обильного ввития фитопланктона. Гарвей и др. $(9, \ ^{10})$ отмечали в районе Плимута тти полное исчезновение «цветения» воды в результате выедания водослей копеподами. Биомасса калянуса в северной Атлантике того же порядчто и в Баренцовом море $(^8)$, но там он имеет три генерации в год $(^2)$. едовательно продукция его приблизительно равна утроенной биомас-(около 140 г под 1 м² в год), т. е. в два раза больше продукции в Баренцои море. Продукция фитопланктона в Ла-Манше не выше чем в Баранецои море (7,4). Копеподы используют фитопланктон эффективнее.

Таким образом, продукция зоопланктона, хотя и связана с продукцией гопланктона, но не всегда прямо пропорциональна ей, а зависит еще от ологических особенностей массовых видов зоопланктона и условий их цествования. Продукция зоопланктона может быть различной в районах

одинаковой продукцией фитопланктона.

Поступило 16 IV 1956

ШИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 К. В. Беклемишев, О взаимоотношениях морского зоопланктона и фитонктона, Кандидатская диссертация, 1953. 2 V. G. Водого V. J. Маг. Віоl. Аssoc., № 2 (1934). 3 М. Е. Виноградов, Вертикальное распределение и миграции планктона в Беринговом и Охотском морях и в северо-западной части Тихого океана, гореферат кандидатской диссертации, 1955. 4 А. К. Гейнрих, Сезонные явления эопланктоне Берингова моря, Автореферат кандидатской диссертации, 1955. 5 Л. А. нкевич, Фауна и биологическая продуктивность моря, 1, М., 1951. 6 А. В. ул, Зоол. журн., 20, 2 (1941). 7 Е. Кгерs, N. Verjbinskaya, J. Conc. этп. регш. роиг Гехрі. de la mer, 7, № 1 (1932). 8 В. А. Яшнов, Планктическая дуктивность северных морей СССР, М., 1940. 9 Н. W. Нагуеу, J. Маг. Віоl. Assoc., № 2 (1934). 10 Н. W. Нагуеу, L. Н. Соорег et al., J. Mar. Віоl. Assoc., 20, 2 (1935). 11 Н. U. Sverdrup, R. H. Fleming, M. W. Johnson, The Oceans, Y., 1942. 2 (1935). Y., 1942.

ГИДРОБИОЛОГИЯ

Е. А. ФЕСЕНКО и М. С. ШЕЙНИН

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЗООПЛАНКТОНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ ДОНА И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 20 IV 1956)

Одним их основных факторов, определяющих численность промысловых рыб, является обеспеченность их на ранних стадиях развития кормом— зоопланктоном. Изучение развития зоопланктона Дона и восточной части Таганрогского залива в многоводные и маловодные годы (к последним относятся также и годы зарегулированного стока) дает возможность выяснить влияние стока Дона на формирование зоопланктона в дельте и в восточной части Таганрогского залива.

Материалом для данной работы послужили сборы зоопланктона, произведенные Доно-Кубанской научной Рыбохозяйственной станцией Института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) в период с 1947 по 1949 гг., и более детальные сборы, произведенные в период с 1950 по 1952 гг. Азовской экспедицией ВНИРО при нашем участии. Сборы материала производились сетью Апштейна, от дна до поверхности. При глубинах менее 1,5 м материал собирался путем процеживания 100 л воды через планктонную сеть. На обеих сетях применялось шелковое сито № 61. Определение биомассы производилось путем подсчета организмов, содержащихся в 1 см³ пробы, с последующим пересчетом на 1 м³ и вычислением биомассы путем умножения на стандартные веса. Веса вычислены Н. Н. Хариным для донских организмов.

Как показали наши исследования за ряд лет, колебания биомассы зоопланктона по годам в значительной степени зависят от величины стока Дона. Из среднего годового стока 26,8 км³ на весну приходится 80%. Наблюдавшийся минимальный годовой сток за последние десятилетия составлял 11,7 км³ (см. табл. 1). При годовом стоке до 15 км³ заливание донских займищ пе происходит. При стоке от 15 до 20 км³ образуются лишь кратковременные полои. В средневодные годы, со стоком около 26 км³, происходит

заливание займищ в течение 2-2,5 мес.

	Среднег	одовой ра	сход Дог	на	Табл	ица 1
Годы	1947	1948	1949	1950	1951	1952
Расход воды в км3	29,4	31,9	13,6	11,7	26,5	12,8

Наблюдения над зоопланктоном Дона с 1947 по 1951 гг. проводились в нижнем течении реки на стационарном пункте. В 1952 г. исследованиями был охвачен район от нижнего бъефа Цимлянской плотины до восточной части Таганрогского залива включительно.

В весенние месяцы маловодных лет наибольшая наблюдавшаяся биомасса зоопланктона в Дону не превышала 120,0 мг/м³, а в весенние месяцы многоводных лет наибольшая биомасса составляла 460 мг/м³, т. е. была в 3,5 раза больше, чем в маловодные годы. Объясняется это тем, что в многоводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных и пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в полойных в пойменных водоемах происходит усиленное разводные годы в помененных в поймененных в

ие зоопланктона, который течением сносится в реку. Кроме того в эти благодаря большому сносу биогенных элементов обильно развиваетпервое звено пищевой цепи — фитопланктон. Резкого различия в качестном составе зоопланктона в маловодные и многоводные годы не наблюось. Преобладающими формами в годы наших наблюдений (1947—1951 гг.) коловраток были Keratella quadrata, Asplanchna priodonta, Synchaeta

Brachionus pala и В. angularis; копепод — Cyclops strenuus с иететами; из кладоцер —Bosmina

girostris.

В многоводные годы биомасса зоонктона в дельте, так же как и в ой реке, была значительно выше, в маловодные (рис. 2). Максимум массы зоопланктона в июне многоного года был равен 2500 мг/ м² оне маловодного года всего 550 мг/м³. с в многоводные, так и в маловодные ы в дельте преобладающими формами и кладоцера (Bosmina longirostris, hnia longispina, Moina sp.). Из вомов дельты наибольшая биомасса зоанктона в многоводные годы наблюась в кутах (4559,0 мг/м³ в мае). маловодные годы куты отличались звычайной бедностью зоопланктона, как обмеление их, сильный прогрев силенное развитие подводной растиьности приводят к заболачиванию, удовлетворительному газовому ре-

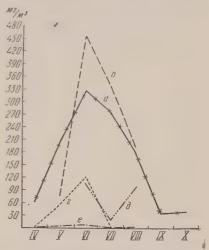
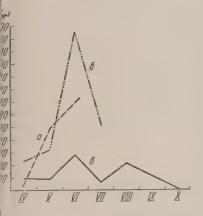


Рис. 1. Колебания биомассы зоопланктона Дона в многоводные и маловодные годы. a— 1947 г., многоводный; δ — 1948 г., многоводный; ϵ — 1949 г., маловодный; ϵ — 1951 г., маловодный; ϵ — 1951 г., многоводный

лу, что препятствует развитию зоопланктона.

Величина биомассы зоопланктона в восточной части Таганрогского заазвисит от степени опреснения его. Основным фактором, определяющим



2. Колебания биомассы зоопланкв дельте Дона в многоводные и водные годы. а — 1948 г., многоый; б — 1951 г., многоводный; в г., маловодный (1-й год зарегулирования)

соленость Таганрогского залива, является величина стока Дона. В годы со средним стоком (24-27 км³) соленость по меридиану Таганрога, по данным A. Е. Городничего, не превышала $1^{\circ}/_{00}$, ав маловодные годы (11—13 км³) повышалась до $4-6^{\circ}/_{00}$. В маловодные годы при повышении солености зоопланктон в восточной части Таганрогского залива был представлен в основном солоноватоводной формой Calanipeda aquae dulcis, составлявшей в мае 1950 г. до 70% от биомассы копепод (250 мг/м³). В особенно маловодные годы сильное осолонение, как свидетельствуют данные А. Н. Новожиловой, способствует проникновению в восточную часть залива типично-морских форм, как, например, clausi.

Развития пресноводного комплекса зоопланктона в маловодные годы

ти не наблюдается. Это сказывается на биомассе зоопланктона, которая аловодные годы была низка, составляя, по данным А. Н., Новожиловой июне 1950 г. 520 мг/ м³. В многоводные годы, при малой солености остаточно интенсивном сносе организмов из дельты, большое развитие

получает пресноводный комплекс (Acanthocyclops vernalis, Cyclops stre-

nuus, Daphnia pulex).

Биомасса зоопланктона в многоводные годы в восточной части Таганрогского залива была значительно выше, чем в маловодные, и достигала в июне 1951 г. 7200 мг/м³ (рис. 3).

Высокая биомасса зоопланктона дельты и восточной части Таганрогского залива в многоводные годы создает благоприятные кормовые условия для нагула молоди промысловых рыб на ранних этапах развития (2).

В первый год зарегулированного стока Дона (1952 г.), при очень малом сбросе воды (несколько десятков кубических километров) из Цимлянского

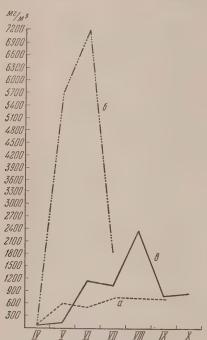


Рис. 3. Колебания биомассы зоопланктона в восточной части Таганрогского залива в многоводные и маловодные годы. a-1950 г., маловодный; 6-1951 г. многоводный; 6-1952 г., маловодный (1-й год зарегулирования стока)

водохранилища в нижний бьеф в весенние месяцы наблюдалась неоднородность гидрологических условий и характера развития зоопланктона на отдельных участках реки (рис. 4). Район Дона между Цимлянской и Кочетовской плотинами представлял полустоячий водоем: слабое течение (0,15-0,2 м/сек) способствовало усиленному развитию зоопланктона, биомасса которого в мае достигла 2900 мг/м³. Преобладающими формами в это время были представители копепод (Cyclops strenuus). Из коловраток большого развития достигли по биомассе Asplanchna priodonta $M\Gamma/M^3$), а по количеству экземпляров Keratella quadrata (11 7700 экз/м³, при биомассе 25,0 мг/м³). В последующие месяцы коловратки не играли существенной роли в общей биомассе зоопланктона, а преобладающими формами были представители кладоцер (Daphnia cucullata).

На формирование комплекса зоопланктона в районе Дона ниже Кочетовской плотины, до ст. Аксайской, значительное влияние оказывали паводковые воды притоков Дона—Сев. Донец и Сал, которыми приноси-

лось большое количество зоопланктона из пойменных и полойных водоемов этих рек. После окончания северо-донецкого паводка и уменьшения скорости течения в данном районе создались благоприятные условия для развития принесенного полыми водами зоопланктона, биомасса которого достигла максимума в конце мая (3300 мг/м³).

Основными формами в мае были коловратки, которые составляли по весу 71,0% от общей биомассы зоопланктона. В последующие месяцы значительно повысилась роль копепод и кладоцер, а биомасса коловраток снизилась до минимума. На участке ниже ст. Аксайской до дельты биомасса зоопланктона была ниже, чем в расположенных выше районах, так как влияние паводковых вод сказывалось здесь значительно менше. В мае общая биомасса зоопланктона составляла всего 120,0 мг/м³; руководящими формами были в мае копеподы (Cyclops strenuus) в июне — кладоцеры (Воятіпа longirostris, Daphnia longispina и D. cucullata). Коловратки существенного значения не имели.

Таким образом, в первый год зарегулированного стока в реке создались условия, отличные от типичных речных в обычные маловодные годы. В последующие годы при проектных попусках воды из Цимлянского водохранительного стока в реке создались условия в первый год зарегулированного стока в реке создались условия в первый год зарегулированного стока в реке создались условия в первый год зарегулированного стока в реке создались условия в первый год зарегулированного стока в реке создались условия в первый год зарегулированного стока в реке создались условия в первый год зарегулированного стока в первый год зарегулированного стока в первый год зарегулированного стока в первы в первы

ца в количествах, необходимых для обеспечения работы Цимлянской С и судоходства, полоев не будет. Ниже Цимлянской плотины Дон будет еть гидрологический режим, характерный для маловодных лет, с соотствующими скоростями течения. Колебание биомассы зоопланктона райниже плотины будет зависеть от развития зоопланктона в Цимлянском дохранилище и сноса его в нижний бьеф. По мере приближения к дельте ияние биостока из Цимлянского во-

хранилища на биомассу зоопланктона на будет уменьшаться. Гидрологичесй режим в этих районах Дона будет иближаться, повидимому, к режиму

ловодных лет.

Отсутствие паводка на Дону в перй год зарегулирования особенно неагоприятно отразилось на гидробиогическом режиме дельты реки и воочной части Таганрогского залива, е биомасса в весенние месяцы была ень низка. В дельте биомасса зоопланона в мае составляла 160 мг, а в воочной части Таганрогского залива — 5 мг, т. е. была ниже, чем в маловодй 1950 г.

В связи с некоторым осолонением сточной части Таганрогского залива, первый год зарегулирования среди ганизмов зоопланктона преобладали лоноватоводные виды: из копепод—lanipeda apuae dulcis и Heterocope spia, из кладоцер— солоноватоводме полифемиды Corniger, Eyadnae

Cercopagis.

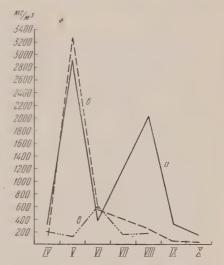


Рис. 4. Биомасса зоопланктона различных районов Дона в 1-й год зарегулирования стока (1952 г.). а — между Цимлянской и Кочетовской плотинами; б — между Кочетовской плотиной и ст. Аксайской; в — между ст. Аксайской и дельтой Дона

Малый сток воды в годы зарегулирования Дона неблагоприятно отрастся на развитии зоопланктона дельты Дона и восточной части Таганрогсого залива, гидробиологический режим которых будет приближаться режиму маловодных лет. Кормовая база (зоопланктон) в годы зарегулиованного стока, так же как и в маловодные годы, повидимому, не обеспечит вгула молоди промысловых рыб на ранних этапах развития. Это создает собходимость ускоренного строительства на Дону рыбхозов для искусвенно разведения и выращивания молоди промысловых рыб.

> Поступило 25 III 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Е. А. Фесенко, ДАН, 93, № 3 (1953).

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. В. ГУЛЯКИН и Е. В. ЮДИНЦЕВА

ПОСТУПЛЕНИЕ В РАСТЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ СТРОНЦИЯ, ЦЕЗИЯ, РУТЕНИЯ, ЦИРКОНИЯ И ЦЕРИЯ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 25 VII 1956)

В связи с получением радиоактивных изотопов, позволяющих определять в растениях ничтожно малые количества таких элементов, как стронций, цезий, церий, рутений, цирконий и другие, началось широкое изучение поступления и распределения в растениях так называемых редких и рассеянных элементов.

В ряде работ (1-6), проведенных с различными почвами указывается, что радиоактивные изотопы церия, цезия, иттрия, рутения и циркония (с дочерним ниобием) слабее поглощаются растениями и задерживаются преимущественно в корнях в отличие от радиоактивных изотопов стронция, которые интенсивнее поступают в растения и накапливаются в значительных количествах в надземных органах.

Наши исследования поступления радиоактивных изотопов стронция, цезия, циркония и рутения проводились с растениями пшеницы (Triticum persicum) в условиях водной культуры на питательной смеси

с добавлением бора и марганца.

Учитывая различное соосаждение радиоактивных изотопов в питательной смеси, опыт проводился по методу фракционированного питания: радиоизотопы находились в сосудах с водопроводной водой отдельно от питательной смеси и растения ежесуточно попеременно переставлялись с питательной смеси на сосуды с радиоактивными изотопами и обратно. Концентрация изотопов была 0,05 мк на литр или 0,325 мк на сосуд емкостью 6,5 л.

Таблица 1* Содержание радиоактивных изотопов в растениях в конце кущения пшеницы

		Ha 1 p	На 1 г сух. вещ.				
7.7	Надземн	. часть	Кој	они			
Изотопы	тыс. имп/мин	%	тыс.		Надземн. часть	Корни	
Sr ⁹⁰ Cs ¹³⁷ Zr ⁹⁵ Ru ¹⁰⁶	40,8 44,5 0,2 0,4	78,3 59,1 2,1 0,5	11,1 30,8 9,3 78,6	21,7 40,9 97,9 99,5	108,1 166,3 0,8 0,7	90,2 537,2 72,0 757,7	

^{*} В табл. 1, как и всюду ниже, для имеющих дочерние радиоактивные нуклиды Sr^{90} , Zr^{25} и Ru^{106} указывается общая активность (т. е. $Sr^{90}+Y^{90}$, $Zr^{25}+Nb^{95}$ и $Ru^{206}++Rh^{106}$). Время, проходившее между сроком уборки растений и измерением активности, было достаточным для установления равновесного соотношения между Sr^{90} и Y^{90} и тем более для Ru^{106} и Rh^{106} , поэтому измеренная активность в данном случае процорциональна содержанию материнского долгоживущего изотопа, т. е. соответственно Sr^{30} или Ru^{106} . Небольшие отклонения от равновесного соотношения были возможны для $Zr^{95}+Nb^{95}$.

Цанные определения (табл. 1) показывают, что радиоактивные изотопы онция и цезия накапливаются больше всего в надземной части растения, адиоизотопы циркония и рутения задерживаются в основном в корнях. онцу вегетации пшеницы содержание радиоактивных изотопов в раснях увеличивается. Кроме того еще больше относительно повышается бл. 2) накопление радиоактивных изотопов стронция и цезия в надземных анах растения.

Таблица 2

Распределение радиоактивных изотопов по органам созревших растений пшеницы

	Органы растения	В	В тыс. имп. в мин. на i растение			В процентах			
	Органы растения	Sr ⁹⁰	Cs137	Zr ^{3 5}	Ru ¹⁰⁶	Sr ⁹⁰	Cs187	Zr ^{9 5}	Ru ¹⁰⁶
тъя бли осья но ни	т (без зерна)	93,2 87,5 12,9 3,9 15,4	272,9 383,7 123,5 47,3 169,4	0,6 0,5 0,1 0,03 5,9	1,7 2,1 0,9 0,06 104,1	43,6 41,0 6,4 1,8 7,2	27,4 38,4 12,4 4,8 17,0	8,6 7,0 1,2 0,5 82,7	1,5, 1,9 0,8 0,1 95,7

Интенсивно поступая в надземную часть пшеницы, радиоактивные изоы стронция и цезия накапливаются в зерне в значительно большем кочестве, чем радиоизотопы циркония и рутения.

Данные табл. 2 показывают, что в корнях созревшей пшеницы содергся $\mathrm{Sr^{90}}$ только 7.2%, а $\mathrm{Cs^{137}}$ 17.0% от общего их количества во всем расте-

1. Эти данные о поступлении астение и распределении в 1 радиоактивных изотопов тучены в условиях опыта, да почти не наблюдалось отрицательного влияния на т и урожай пшеницы бл. 3).

Содержаниерадиоактивных топов цезия и стронция единицу сухого вещества іземной массы, особенно на, больше, чем содержарадиоизотопов циркония утения (табл. 3). На едини-

Таблица 3

		шно-сух от контр		зотопов		
зотопы	ондеє	солома, мякина	корня	надземн.	корни	зерно
Sr ⁹⁰ Cs ¹³⁷ Zr ⁹⁵ Ru ¹⁰⁶	104,8	116,5 90,9 105,6 130.7	84,8	0,26 0,67 0,012 0,013	3,7 1,9	0,017 0,13 0,0011 0,00054

веса зерна наиболее высоким оказалось содержание Cs13°, несколько мень-Sr⁹⁰ и еще меньше Zr⁹⁵ и Ru¹⁰⁶.

Проведенные нами исследования с рядом сельскохозяйственных рас-

Таблица 4

отоны		растений к контрол		Coz	держание р	адиоизотоп	ов на одно	растение	овса
				В тыс. и	мп мин. на ние	1 расте-	% от общего содержания в надземной массе		
	зерно	солома	мякина	зерно	солома	мякина	зерно	солома	мякина
7	48,0 31,5 84,9	98,3 100,0 74,1	92,9 85,2 92,9	127,0 281,5 1,0	5270,1 4745,6 45,8	213,6 443,2 1,0	2,3 5,1 2,1	93,9 86,8 95,8	3,8 8,1 2,1

тений показали, что поступающие в надземную часть растения радиоактивные изотопы таких элементов, как Sr, Cs, Ce, Ru, Zr содержатся в основном в вегетативных органах и в относительно незначительной части — в репродуктивных органах.

В опыте с овсом (Московский А-315), который проводился с концентрацией радиоактивных изотопов 1 мк на литр раствора наблюдалось снижение

урожая зерна (табл. 4).

Данные табл. 4 показывают, что при повреждающем действии излучения на растение овса сохраняется такая же закономерность распределения радиоактивных изотопов между различными надземными органами, как и у пшеницы при отсутствии отрицательного влияния на рост и урожай растений.

Московская сельскохозяйственная академия им. Қ. А. Тимирязева

Поступило 24 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ L. Jacobson, R. Overstreet, Soil Sci., 65, № 2 (1948). ² I. W lamis, G. Pearson, Science, 111, № 2875 (1950). ³ C. A. Swanson, J. B. W hitney, Am. J. Bot., 40, № 10 (1953). ⁴ M. Romney, A. Roads, K. Larson, US Atomic Energy Comm. Univ. of Calif., 294 (1954). ⁵ J. H. Rediske, A. A. Selders, Plant. Physiol., 28, № 4 (1953). ⁶ R. Menzel, Soil Sci., 77, № 6 (1954).

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. В. ПЕТЕРБУРГСКИЙ

УСВОЕНИИ РАСТЕНИЯМИ ОБМЕННО-ПОГЛОЩЕННЫХ СРЕДОЙ АНИОНОВ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 28 VI 1956)

В настоящее время, благодаря применению метода меченых атомов, алось доказать обменное поглощение коллоидами почвы анионов фосоной кислоты (1-4,6). Для других необходимых растениям анионов имеюеся данные пока отрывочны, но вряд ли можно отрицать наличие частичо сорбционного связывания их почвой. В этой связи представляет интегизучение доступности сельскохозяйственным культурам анионов, нацящихся в среде, окружающей корневую систему, в обменно-поглощени состоянии. Ниже приводятся результаты ряда опытов, поставленных и в песчаных и почвенных культурах с целью сравнительного изучения вояемости для растений анионов фосфорной, азотной и серной кислот раствора и из сорбированного на синтетических препаратах-анионитах берлит, «ТМ» и пр.) состояния.

Итоги опыта с редисом (песчаные культуры) представлены в табл. 1.

Таблица 1

		Сыр. н	Содержание сахаров				
Варианты опыта	корне	еплода	лис	тьев	в корнеплоде (в %)		
	а	б	а	б	а	б	
альный солевой рас- рр вой раствор без NO ₃ '	73,4	63,4	42,5	42,0	2,02	1,96	
обавлением сорбента, ъщенного NO ₃ ′ вой раствор без H ₂ PO ₄ ′	23,9	21,9	50,6	31,8	1,85	1,92	
обавлением сорбента, ыщенного Н ₂ РО ₄ ' вой раствор без SO ₄ "	59,1	55,1	53,5	35,6	1,75	1,80	
обавлением сорбента, ыщенного SO ₄ "	72,7	_	52,0		2,04		

Примечание. a — доза по смеси Гельригеля, b — удвоенная доза; повторность дов — двухкратная.

Приведенные в табл. 1 цифры показывают, что только сульфатный анион спечивал равный эффект, независимо от той формы, в которой он внося в питательную среду. Фосфатный анион в сорбированном состоянии ствовал несколько слабее, чем в растворимом. Но особенно сильно это гавание проявилось на нитратном анионе, причем удвоение дозы нилько не улучшило результата.

E ACCEPTANCE DE LA COMPANSION DE LA COMP

		Bec (вг)	OB		Содерж	кание	в лис	стьях	
		виде)	(возд	е сахаров эде в %	N		P ₂ O ₅		SO ₄	
Варианты опыта	Hd	корнеплода (в свежем виде)	листьев (в	Содержание с в корнеплоде	Mr	%	Mſ	%	МГ	%
Нормальный солевой раствор Солевой раствор без NO ₃ ' с добав- лением сорбента, насыщенного	6,4	78,5	3,8	2,07	163,0	4,30	47,3	1,24	64,6	1,70
NO ₃ ' 1 доза 2 дозы 4 дозы Солевой раствор без H ₂ PO ₄ ' с добавлением сорбента, насыщенного	5,8 5,9 5,4	15,8 34,1 15,9	2,9 4,3 3,1	1,98 2,04 0,89	78,3 166,2 159,7	2,69 3,87 5,06	_		_	_
H ₂ PO ₄ ' 1 доза 2 дозы 4 дозы Солевой раствор без SO ₄ " с добав-	6,3 6,2 6,1	86,9 50,0 38,9	4,5 7,3 4,1	2,18 1,88 0,83			48,4 37,0 60,4	1,06 0,52 1,46		
лением сорбента, насыщенного SO ₄ " 1 доза 2 дозы 4 дозы	6,1 6,0 6,0	83,2 62,2 37,4	4,9 5,2 4,6	1,66 1,23 1,42					47,1 62,8 84,5	1,24

В следующем опыте испытан был более широкий диапазон доз тех же анионов в сорбированном виде. Как видно из табл. 2, ухудшение условий роста редиса при повышении доз анионов в сорбированной форме вызывалось отнюдь не недостатком питательных веществ, а, повидимому, свойствами самого сорбента, не свободного от восстановленных веществ.

В смеси Гельригеля, как известно, на 1 кг песка вносится (в мг-экв): нитратов 6, фосфата 1 кг сульфата 1. Поскольку количества вносимого в сосуд сорбента в случае насыщения его нитратным анионом были всегда выше, то и отрицательное действие на растение восстановленных соединений должно было оказаться более заметным. Но если это так, то внесение сорбента в среду с высокой поглотительной способностью, какой является почва, могло обезвредить подобные соединения. Мы провели несколько таких опытов. Для сравнения служили песчаные культуры. Итоги приведены в табл. 3—6.

Таблица 3

Вариянты опыта (песчаные культуры; дозы азота равные)		Вес (в г)		Содержание азота				
	pH			в мг			в процентах	
		зерна	соломы	в зерне	в со- ломе	всего	в зерне	в со
Нормальный солевой раствор Солевой раствор без NO ₃ " с	6,0	7,5	16,4	201,42	136,39	337,82	2,66	0,83
добавлением сорбента "ам- берлит", насыщенного NO ₃ ' Солевой раствор без NO ₃ с	5,9	5,6	7,0	94,46	40,60	135,02	1,68	0,57
добавлением сорбента "Т.М.", насыщенного NO ₈ ′	5,2	4,4	6,5	120,82	77,89	198,70	2,74	1,20

Как видно из табл. 3, сорбированный источник азота оказался хуже, чем воднорастворимый как по урожаю, так и по содержанию в нем общего азота.

D		Вес (в г	·) ·	Содержание в зерне		
Варианты опыта рН	рн	зерна	соломы	белка в %	общего азота в мг	
Без азота Нитрат кальция Амберлит	5,7 5,8 6,2	13,1 17,3 20,7	16,8 25,9 23,3	49,63 12,03 10,72	286,56 435,61 409,36	

Примечание. Почва—пылевато-легкосуглинистая, среднеоподзоленная (совхоз Дубки, Московской обл.).

Иной результат получен в почвенных культурах (табл. 4): полностью малось отрицательное влияние сорбента на урожай овса и сорбонное воздействие связанной формы нитратного азота было даже несколько нше, чем воднорастворимой. По содержанию белкового и общего азота негорое преимущество оставалось все же за солевым источником нитратов. В аналогичном опыте на той же почве сопоставлялось действие на то же тение нитратного и фосфатного анионов в солевом и сорбированном соянии (см. табл. 5).

Таблица 5

Варианты опыта	Нġ	Вес ов	са (в г)	Содержание Р ₂ О ₅ в зерне		
		зерна	соломы	вмг	в %	
Моносфат кальция+нитрат кальция	5,8	15,0	22,9	131,2	1,03	
Сорбент, насыщенный H ₂ PO ₄ '	6,6	16,7	25,7	185,9	1,14	

Оказалось, что не только не замечалось никакого отрицательного влия сорбента на растение, но даже выявилось превосходство сорбировано источника фосфатного и азотного питания (при равенстве доз). Повимому, оно может быть объяснено исключением повышенных концентрам солей в зоне развивающихся корней, что особенно существенно в намыный период роста культур (5).

На той же почве поставлен был опыт с красным клевером, который также с гораздо лучше при внесении ионов фосфорной кислоты и калия в сор-

ованной форме (табл. 6).

Таблица 6

		Содержание в урожае (в мг-экв.)				
Варианты опыта	Урожай клевера (в г)	, N	K ₂ O	Ca	PaOs	
извести и др. удобрений есть по 0,25 гидролитической	12,2	12,65	9,50	11,00	2,72	
ислотности + монофосфат кальция хлорид калия	15,5	13,90	12,79	13,10	3,53	
есть + сорбенты, насыщенные ₂ PO ₄ ' и K+	22,10	17,40	16,10	21,94	4,75	

Несколько опытов было проведено нами с использованием радиоизотопа сфора. В песчаных и почвенных культурах овса на сосуд вносилось по $5~\mu$ к (одинарной дозы) или $125~\mu$ к P^{32} в виде $Na_2P^{32}O'_4$ или $H_2P^{32}O'_4$ (сорто). Остальное количество фосфора до нормы (одинарной или двойной по

Гельригелю) давалось в виде KH_2PO_4 (раствор) или $H_2PO'_4$ (сорбент). Во всех вариантах опытов вносился сорбент, насыщенный NO'_3 (в одинарной или двойной дозе). Кроме того, в те сосуды, где фосфат-ион содержался только в адсорбированной форме, вносилось необходимое количество KC1 до выравнивания содержания калия в KH_2PO_4 .

Результаты опыта в песчаных культурах представлены в табл. 7. Овес был посеян 2 VI, отбор проб для анализа производился 19 июня и 16 июля,

учет радиоактивности — соответственно — 14 и 21 июля.

Таблица 7

	Число импульсов на 100 мг воздсух. вещ. в 1 мин.		
Варианты опыта	14 июля	21 июля	
Φ он $+$ H_2 PO $_4$ ′ в сорбированной форме (меченный P^{32}) $+$ KCl Φ он $+$ K H_2 PO $_4$ (меченный P^{32})	4340 4365	1374 1774	
Удвоенный фон $+$ удвоенная доза H_2PO_4' в сорбированной форме (мечен. P^{32}) $+$ двоённая доза KCl Удвоенный фон $+$ удвоенная доза KH_2PO_4 , меченного P^{32}	3770 2521	2500 3123	

Отбор проб из почвенных культур производился в три срока: 19 VI, 1 VIII и 17 VIII (посев овса — 3 VI). Результаты учета радиоактивности растительного вещества представлены в табл. 8.

Таблица 8

	Число импульсов на 100 мг воздсух. вещ. в 1 мин.					
Варианты опыта	16 VII 4 VIII		22 VIII			
	проба из в	сего растен.	зерно	солома		
Фон $+$ H_2PO_4' в сорбированной форме (меченный P^{32}) $+$ KCl Фон $+$ KH_2PO_4 (меченный P^{32}) Удвоенный фон $+$ удвоен. доза H_2PO_4' в сорби-	888 899	358 208	573 448	313 105		
рованной форме (мечен. Р ³²) + КСІ в двойной дозе	820	496	895	332		
Удвоенный фон $+$ удвоенная доза KH_2PO_4 мечен. P^{32})	545	511	805	531		

Как видно из данных табл. 7 и 8, в овес поступало приблизительно рав-

ное количество меченого фосфора из обоих источников.

Таким образом, все наши опыты свидетельствуют о доступности растениям обменно-поглощенных синтетическими сорбентами анионов азотной, фосфорной и серной кислот. При этом в почвенных условиях сорбированные анионы являются для культур даже более эффективным источником питательных веществ, чем вносимые в той же норме с воднорастворимыми солями.

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева

Поступило 27 III 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Б. Замятина, Почвоведение, № 10 (1954). ² С. Н. Иванов, Почвоведение, № 7 (1955). ³ В. М. Клечковский, Г. Н. Жердецкая, ДАН, 76, № 5 (1951); 79, № 5 (1951). ⁴ В. М. Клечковский, Г. Н. Целищева, Почвоведение, № 9 (1955). ⁵ А. В. Петербургский, Усвоение растениями калия и других ионов из адсорбированного состояния, 1953. ⁶ И. П. Сердобольский, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3 (1954).

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. Д. ШМАТОК

ИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДНЯ В ПОЛЯРНЫХ УСЛОВИЯХ НА СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕВОДОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ У ЖЕЛТОЙ АКАЦИИ И ОБЫКНОВЕННОЙ СИРЕНИ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 6 VIII 1956)

О сущности фотопериодического воздействия на растение известно еще ло. Установлено лишь влияние продолжительности дня на рост и разгие различных растений. Помимо этого продолжительность дня у многогников отражается на их зимостойкости, что представляет особый инте-

с в связи с тем, что с этим свойстм растений связан успех интро-

кции их на север.

Большинство исследователей инресовалось влиянием фотопериона развитие и приурочивало свои блюдения к образованию репроктивных органов (2, 3, 5). Однавлияние фотопериода на физиогические процессы и обмен вееств изучено недостаточно (5,8,9).

Настоящая работа проводилась Полярно-альпийском ботаничесом саду, расположенном на 67°37′ верной широты, в Мурманской

бласти.

В качестве объектов использоны: карагана древовидная (желя акация) — Caragana arborescens am. и обыкновенная сирень — yringa vulgaris L.

Влияние продолжительности дня рост и морфологию 3-летних еянцев желтой акации, выращеных в оранжерее, видно из фотогра-

ии (рис. 1).

Сеянцы желтой акации, выраенные на укороченном дне в словиях Ботанического сада, своеременно закладывают верхушечую почку, побеги их вызревают полностью перезимовывают.



Рис. 1. Желтая акация. a — длинный день, 6 — короткий день

Сеянцы обыкновенной сирени получали 14-часовой день с момента разертывания пластинки настоящего листа. Их принадлежность к группе коткого или длинного дня не установлена, но как и большинство растений и в условиях короткого дня сильно задерживались в росте.

Мы учитывали влияние продолжительности дня на накопление сухого эщества (см. табл. 1). Выяснилось, что на укороченном дне сухой вес всех

органов у желтой акации снижается значительно. У обыкновенной сирени уменьшение продолжительности дня к 5 августа отразилось только на уменьшении веса корневой системы, а вес стволиков на коротком дне был даже больше. Во вторую пробу, 24 августа, на укороченном дне у растений сохранился меньший вес корневой системы и увеличенный вес стволиков, а вес листьев стал больше, чем у растений на длинном дне. Общий же вес растений почти одинаков на обоих вариантах.

Таблица 1

Накопление сухого вещества сеянцами кустарников в условиях разной продолжительности дня

. Dillini Pator	on inpoder				
Год жизни растений и дат	Варианты продол-	Сухо	й вес 10	0 растен	ий в г
наблюдения	житель-	листья	ство- лики	корни	общий вес
Ж	елтая ак	ация			
2-й, 15 VI 1951	Полярный		6,9	9,0	21,6 16,2
4-й, 43 VIII 1953	Полярный 14-ч.	394 85	586 138	663 220	1643 443
Обык	иновенная	н сир	ень		
2-й, 5 VIII 1953	Полярный	51 51	18 23	47 28	116 102
2-й 24 VIII 1953	Полярный 14-ч.	48 54	22 25	61 54	131 133

В литературе указывается (4), что накопление сухой массы растениями в условиях различной продолжительности дня зависиит от биологических особенностей растений. Для тропических растений, например, наибольшая энергия прироста органического вещества наблюдалась на коротком дне и удлинение дня для них оказалось не только бесполезным, но вероятно даже вредным.

Таблица 2

Содержание элементов минерального питания в сеянцах кустарников (в % на абсолютно-сухой вес)

			Листья			Кор ни			Стволики				
Год жизни растений и дата наблюдения	Варианты (продолжит. дня)	Общий азот	P_2O_5	K2O	CaO	Общий азот	P206.	K2O	CaO	Общий	P ₂ O _s	K ₂ O	CaO
	Желтая	ак	ац	ия									
2-R, 15 VI 1951 г.	Полярный 10-ч.	4,91 6,91	1,31 1,57	2,18 2,34	1,09 1,25	2,10 3,96	0,76	1,44	0,63 0,74	3,36 3,61	1,03 1,35	1,03 0,95	0,6
4-ñ. 13 VIII 1953 r.	Полярный 14-ч,	2,76 4,00	0,56 0,77	1,19 1,42	2,95 3,45	1,42 1,80	0,28 0,49	0,60 0,49	1,02 0,79	1,78 2,69	0,51 0,59	0,98 1,30	0,9 0,6
	Обыкновен	ная	н с	ир	ен	ь							
2-n, 5 VIII 1953 r.	Полярный 14-ч.	1,41	0,55 0,59	1,33 2,16	1,86 1,72	1,16	0,29 0,47	0,93	0,69	1,17	0,52 0,60	1,68 2,02	0,5
2-й, 24 VIII 1953 г	Полярный	1,40	0,48	1,53	1,77	0,85	0,25	0,72	0,80	1,28	0,53	0,94	0.6

Приведенные в табл. 2. данные показывают, что в поглощении основных элементов минерального питания у растений желтой акации и сирени 214

кновенной наблюдается одинаковая закономерность: на коротком дне части растений более богаты азотом, фосфором и большею частью кам, содержание же кальция на коротком дне меньше, чем на длинном. указывает на более быстрое физиологическое старение листьев на коротлие.

Содержание кальция в листьях сирени показывает, что на коротком опериоде они к 5 августа находятся в более молодом состоянии, а затем 4 августа — в более старом, чем на длинном фотопериоде. Стволики же ирени и к 24 августа на коротком дне содержат меньше кальция, чем длинном.

Обогащение всех органов растений желтой акации на коротком дне овными элементами минерального питания отчасти можно объяснить тем, при замедленном темпе роста и накопления сухого вещества эти растет в противоположность растениям длинного дня могут создать некоторые асы элементов корневого питания. Однако уменьшенный вес корней, довательно уменьшенная поглощающая поверхность, указывают на ее энергичное поглощение минеральных элементов каждой единицей невой системы растений на коротком дне.

Интересно отметить также, что у растений желтой акации с возрастом людается значительное обеднение всех органов азотом, фосфором и ием и обогащение кальцием. Наблюдения над сиренью проводились на этяжении одной вегетации, и такая закономерность отчетливо не выя-

ась. Неодинаковое накопление сухого вещества растениями в условиях разі продолжительности дня указывает на возможную разницу в энергии тосинтеза и в использовании ассимилятов. Но это же можно объяснить наличием у растений различной ассимиляционной поверхности.

Таблица 3 Содержание углеводов в сеянцах кустарников (в % на абсолютно-сухой вес)

7			Листья			Cri	волики			ŀ	Корни	
Год жизни стения и дата наблюдения	Варианты (продол- жит. дня)	моно- сахара сахароза	сумма раствори- мых угле- водов	крахмал	моно-	caxaposa	сумма раствори- мых угле- водов	крахмал	моно-	сахароза	сумма раствори- мых угле- водов	крахмал

Желтая акация

13 VIII 1953 г. | Полярный | 4,43 | 3,66 | 13,67 | 14,41 | 2,78 | 2,05 | 6,34 | 26,64 | 4,85 | 2,24 | 15,39 | 20,61 | 14-ч. | 14-ч. | 14-ч. | 14,45 | 2,79 | 2,28 | 8,86 | 23,85 | 6,53 | 3,52 | 19,14 | 16,58

Обыкновенная сирень

	5 VIII 1953 r.	Полярный	5,0	3,32 2,40	13,32 11,71	29,17 18,06	5,32 3,14 4,25 2,55	14,80 10,61	27,78 24,71	3,76 3,18 3,89 1,93	13,17 8,45	26,78 22,03
2	4 VIII 1953 r.	Полярный 14-ч.	4,28	6,15 4,08	16,93 12,73	21,84 16,25	3,01 4,66 3,34 3,93	13,36 10,51	26,64 27,18	4,10 3,23 5,16 4,65	11,58 11,22	24,82 22,55

Как видно из табл. 3, у сеянцев желтой акации на коротком дне содержае в листьях всех исследованных форм углеводов пониженное. В стволиках корнях у этих растений на коротком дне имеется снижение содержания тько крахмала, тогда как содержание растворимых форм углеводов повыню.

У обыкновенной сирени в условиях короткого дня выявлена в общем кая же закономерность: в первый срок наблюдений в листьях и стволих все формы углеводов находятся в меньшем количестве, а в корнях повыно содержание только моноз. Во второй срок наблюдений в листьях стений на коротком дне наблюдается пониженное содержание всех углеводов, в стволиках наблюдается уже повышенное содержание моноз, а

в корнях, кроме того, и сахарозы.

Приведенные данные показывают, что у обоих исследованных растений на коротком дне происходит обеднение углеводами листьев и большое накопление растворимых форм углеводов в стволиках и корнях. Такое распределение углеводов отчасти объясняет лучшую зимостойкость растений, выращенных в условиях короткого дня.

У желтой акации такое распределение углеводов выявлено уже к середине августа, а у сирени наблюдается некоторая задержка накопления растворимых углеводов в зимующих органах на коротком дне. Корни и стволики сирени в условиях короткого дня, особенно в конце вегетации, содержат крахмала значительно больше, чем листья. На длинном дне эта разница менее резкая.

Поступило 11 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Глотов, Научно-агрономич. журн., № 1, 53 (1929). ² В. Н. Любименко, Е. Д. Буслова, ДАН, 14, № 3, 149 (1937). ⁸ Б. С. Мошков, ДАН, 71, № 2, 391 (1950). ³ А. И. Потапенко, ДАН, 71, № 2, 395 (1950). ⁵ М. Х. Чайлахян, В. А. Александровская, ДАН, 2, № 2, 161 (1935). ⁶ М. Х. Чайлахян, ДАН, 100, № 2 (1955). ⁷ G. F. Sheard, Ann. Appl., Biol., 27, № 3, 305 (1940). ⁸ Е. К. Neidle, Bot. Gaz., 10, № 3, 607 (1939). ⁹ N. Krassinsky A. A. Kondrashova, N. J. Vinogradowa, Ann. of Bot., 50, № 198, 293 London (1936).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Г. П. ТИХОНОВА

ГЕНЕРАЦИЯ РОГОВИЦЫ И ЕЕ НЕРВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ У КРЫС И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ВЫЗВАННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАВМЕ

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 4 VI 1956)

Вопросу о роли нервной системы в развитии регенерационного процесса зличных тканей и органов придается сейчас большое значение. Исследония А. Н. Студитского и его сотрудников (1) показали, что каждой стаи развития мышечного волокна соответствует определенное состояние рвно-мышечных связей. При денервации мышц, как и денервации других ганов, регенерация происходит, но она крайне несоверешенна. Установно, что существование хронических, незаживающих ран и язв в больнистве случаев связано с нарушением нервной трофики.

Регенерации поврежденной роговицы посвящена большая литература

¹³).

В настоящем исследовании была поставлена задача изучить восстановильные процессы в ткани роговицы глаза в связи с регенерацией ее нервих волокон. Предлагаемое описание не претендует на полноту, поскольку щественно новых деталей регенерационного процесса нами не обнаружено. ндача исследования заключается в том, чтобы сопоставить течение заживния проникающей раны в роговице с картиной регенерации нервных локон, с целью определения характера взаимосвязи этих процессов. Объект и метод. Исследование было проведено на 70 белых крых в возрасте 2—3 месяцев. Перед операцией для расширения зрачкового верстия в глаз закапывали атропин. В качестве наркоза применяли оир. Операцию производили под бинокулярной лупой. Глаз фиксировали с мощью пинцета и в центре роговицы копьецом делали прокол, в корый вводили одну браншу глазных ножниц и щипком вырезали альное отверстие размером 1,5—2,5 мм. Глаза энуклеировали в разные оки. Фиксация жидкостью Ценкера и 12% нейтральным формалином. краска азокармином с докраской по Маллори и тотальная импрегнация ребром по методу Бильшовского — Грос.

Экспериментальные данные

Восстановительные процессы в роговичной кани. Как только в роговице сделано сквозное отверстие, оно тотчас полняется жидкостью передней камеры. Через 1—2 часа белок свертыется и в отверстии образуется фибриновая пробка. С краев раны начимется наползание эпителия, которое заканчивается к концу первых суток. Оговица теряет вокруг раны свою прозрачность. На гистологических превратах через 3 дня после операции видна следующая картина (рис. 1). Вану заполняет полностью эпителизированная фибриновая пробка. Эпислий на границе раны утолщен за счет обильного размножения клеток взального и среднего слоев. Клетки этих слоев принимают кубическую и взальную форму; увеличены размеры клеток в поверхностном слое. В клетах базального и среднего слоев часто встречаются ядра, делящиеся ами-

тотически, реже наблюдаются картины митоза. Встречаются многоядерные клетки. Однако наряду с признаками размножения в поверхностных слоях, особенно на краю регенерата, можно наблюдать явления пикноза, кариолизиса и вакуолизации протоплазмы клеток. Во всех слоях клеток эпителия, вплоть до поверхностных, отчетливо выражены межклеточные мостики. Среди эпителиальных клеток можно иногда встретить лейкоциты, В ряде мест эпителий дает выросты в фибриновую пробку.

Характерные изменения наблюдаются в основном веществе роговицы на краю раны. Соединительная ткань резко отечна, коллагеновые волокна разбухают, фибриллярность исчезает. Во многих местах между пластинками основного вещества образуются вакуоли, заполненные лейкоцитами. Роговичные клетки теряют отростки, округляются. Протоплазма принимает более светлую окраску. Ядра подвергаются лизису или пикнозу.

Встречаются роговичные клетки с признаками деления.

Края десцеметовой мембраны на месте травмы загнуты внутрь раны. В этот период на краю травмы наблюдаются пролиферативные явления в эндотелии. Эндотелиальные клетки скапливаются на краю десцеметовой

мембраны, но на фибриновую пробку еще не наползают.

Фибрин в ране имеет волокнистую структуру, причем общее направление волокон фибрина соответствует направлению коллагеновых волокон ткани роговицы, что вероятно объясняется действием сил напряжения. В фибриновой пробке масса лейкоцитов, выселившихся из кровеносных сосудов.

На 5-6 день во всех тканях роговицы наряду с дегенеративными явлениями уже ясно выражены пролиферативно-восстановительные процессы. Эпителий равномерным пластом покрывает всю поверхность раны. Правда, в нем еще несколько больше чем в норме клеточных слоев и ясно выражены межклеточные пространства. Иногда эпителиальный пласт отходит от нижележащей ткани, что объясняется отсутствием Боуменовой мембраны. В поверхностных слоях эпителия встречаются вакуоли.

По краю рубца заметны дегидратация и уплотнение соединительной ткани, появление фибриллярности. Макроскопически это выражается в просветлении роговицы. Округлившиеся фибробласты делятся и проникают в фибриновую пробку, где возникает основное вещество. Мы наблюдали обособление эндотелиальных клеток и внедрение их в раневой канал. У нас есть основание предполагать, что последние также принимают участие

в образовании основного вещества регенерата. Область регенерата обильно инфильтрирована лейкоцитами.

Эндотелий к 5—7 дню сплошь покрывает нижнюю поверхность регенерата. Этот факт имеет для дальнейшего хода процесса регенерации важное значение. Если в силу каких-либо причин эндотелий не изолирует молодую соединительную ткань от непосредственного влияния жидкости передней камеры, процесс сильно осложняется, клеточные элементы роговицы начинают обильно пролиферировать в переднюю камеру глаза, образуя либо небольшой тяж разросшейся ткани, либо «шварту» огромной мощности. Подобные процессы подробно описаны Э. Ф. Левкоевой (14).

На рис. 2 представлено микрофото роговицы через 10 дней после операции. На месте травмы уже сформировались все слои роговицы: эпителий, соединительная ткань, эндотелий. Однако обилие клеточных элементов, рыхлое коллагеновое вещество резко выделяют регенерат среди окружающей ткани. В некоторых местах еще ясно видны явления дегенерации: вакуоли в клетках эпителия и в соединительной ткани, пикноз и лизис ядер

отдельных клеток.

С 10 дня начинается запустевание кровеносных сосудов, вросших в роговицу из лимба. Просветы их спадаются, клетки эндотелия, образующие их стенку, теряются среди фибробластов. Этот процесс заканчивается обычно на 15-20 день.

К 30 дню регенерат уже мало отличается от окружающей ткани. Он только несколько тоньше и в нем больше роговичных клеток. При поверх-



Рис. 1. Роговица на 3 день после операции. Ценкер, $\,$ Азан. Микрофото. $\,$ Ок. 7, об. $20\times$



Рис. 2. Роговица на 10 день после операции. Ценкер Азан. Микрофото, Ок. 7, об. $20 \times$



тном осмотре живого глаза область регенерата такая же прозрачная, как экружающая его ткань. Увеличенное количество клеточных элементов

бласти травмы сохраняется у крыс до 5-го месяца.

Регенерация нервных волокон. Изучение тотально прегнированной роговицы позволило обнаружить изменения в нервных окнах. На 3 день после операции вблизи раны роговицы ясно выражен пад нервных волоконец глубокого и поверхностного сплетений. Но и вные волоконца, далеко расположенные от места травмы, находятся

:возбужденном» состояг. Это выражается в поценной или пониженной ентофилии, разволокнеи некоторых нейрофибіл, появлении варикозутолщений. Нужно тетить, что отдаленно положенные мякотные вные волокна более чувительнык повреждению, і безмякотные, прохоцие в тех же стволиках. На 8 сутки наряду с дееративными процессами е ясно видны признаки енерации. Крупные вные стволики на краю ны разволокняются. Тонбезмякотные нервные юконца этих стволиков тут в разных направлеіх. При этом большая часть остается в ткани окружающей овицы, ту. Однако можно виь как отдельные волоща внедряются в рубую ткань. В отличие

прямолинейного хода

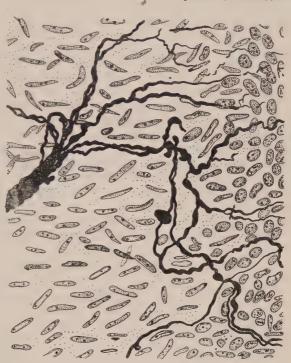


Рис. 3. 12 день после операции. Избыточный рост нервного волокна. Формалин, серебрение по Бильшовскому — Грос. Ок. 7, об. 20 \times

овных волокон в нормальной роговице, в рубцевой ткани ход их извист, что объясняется, вероятно, рыхлой субстанцией регенерата. Нервеволоконца, растущие из травмированного стволика во все стороны, пнчиваются небольшими утолщениями.

На 10—12 день процесс регенерации выражен более отчетливо, хотя е-где еще можно видеть распадающиеся волоконца. На месте травмы крупк нервных стволиков встречаются иногда картины избыточного роста. ходу разрастающихся во все стороны нервных волоконец и на их концах вазуются наплывы или пластинки роста (рис. 3). Явления избыточного ста нервных волокон на краю регенерата объясняются, повидимому,

ожнениями в восстановительном процессе ткани роговицы. К 20—30 дню ткань регенерата пронизана многочисленными тонкими овными волоконцами, которые образуют в ней мелкопетлистую сеть. На вых стадиях регенерации нервных волоконец больше в поверхностных изх новообразованной ткани, позднее же они распределяются равномерно всей толще регенерата, отдельные волоконца проникают за пределы рубой ткани и вступают в состав имеющихся там нервных пучков. Но даже 2 месяцу еще нет анастомозов, проходящих через регенерат между крупми нервными стволиками верхней и нижней половины роговицы. Оконельное восстановление нервной сети происходит только на 5 месяц Итак, процесс восстановления ткани роговицы и ее иннервации проходит следующие четыре этапа:

1. Сразу же после травмы дефект закрывается фибриновой пробкой.

2. В первые часы после повреждения начинается наползание эпителия от краев раны на фибриновую пробку. К концу первых суток происходит смыкание его краев. В это же время в роговицу врастают кровеносные сосуды.

3. С 5 дня начинается нарастание эндотелиальных клеток на раневую поверхность. В фибриновой пробке появляются клеточные элементы. Реге-

нерат уже обильно снабжен капиллярной сетью.

4. С 10 дня начинается запустевание кровеносных сосудов и врастание в регенерат нервных волокон. Происходит дифференцировка соединительной ткани, образование коллагеновых волокон.

Анализируя данные по регенерации ткани роговицы и нервных элементов после механической травмы, мы приходим к следующим выводам:

1) Первые стадии регенерации ткани — эпителизация и внедрение клеточных элементов в фибриновую пробку — проходят без прямого участия нервных волокон. На этой стадии в питании регенерата принимают непосредственное участие кровеносные сосуды, врастающие со стороны лимба.

2) Первые нервные волоконца обнаружены в регенерате на 8—10 день. К этому времени не месте травмы образуются основные слои роговицы: эпителий, основное вещество, эндотелий. Идет дифференцировка соедини-

тельнотканных элементов.

Основываясь на изложенных данных, можно допустить, что для дифференцировки ткани роговицы необходимо непосредственное участие нервной системы.

Поступило 3 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Тр. Инст. морфол, животн. АН СССР, 11 (1954). ² Н. И. Зазыбин, П. С. Плитас, Вестн. офталм., 12, в. 2 (1938). ³ С. И. Щелкунов, Тр. Ленингр. сантигиенич. мед. инст., 16, 75 (1953). ⁴ В. И. Григорьева, Заживьение ран роговой оболочки глаза, Диссертация, 1953. ⁵ Т. А. Беднякова, ДАН, 99, № 6 (1954). ⁶ А. Н. Чичканова, Сов. вест. офталм., 4, № 6 (1934). ⁷ И. Г. Егоров, Вестн. офталм., 16, 1 (1940). ⁸ И. Г. Егоров, Иннервация роговицы, Диссертация, 1953. ⁹ С. А. Горцевский, Офтальм. журн., № 3 (1951). ¹⁰ Г. Salzer, Klin. Monatsbl. Augenheilkunde, 107, 389 (1941). ¹¹ G. Günter, Wissensch. Zs. d. Arndt. Univ. Greiswald. Mat.— Naturwiss. Jahrg. 4 (1954,—1955). ¹² M. N. Spirtos, J. Comp. Neurol., 93, № 2 (1950). ¹³ U. Rexed, Brit. J. Ophthalm., 35, 89 (1951). ¹⁴ Э. Ф. Левкоева, Раневой процесс в глазу, М., 1951.

ФИЗИОЛОГИЯ

, КИРПИЧНИКОВ, член-корреспондент АН СССР А. Н. СВЕТОВИДОВ и А. С. ТРОШИН

ЗЧЕНИЕ КАРПА РАДИОАКТИВНЫМИ ИЗОТОПАМИ ФОСФОРА И КАЛЬЦИЯ

Как показали опыты с мечением гупий (Lebistes reticulatus (Peters)) сиоактивным кальцием при помещении рыб в раствор Ca⁴⁵Cl₂ радиоактность их оказывается значительно более высокой, чем при кормлении виоактивными дафниями и циклопами (¹). У карпов усвоение неорганичетах солей кальция и фосфора из воды идет также весьма интенсивно (², ³).

данным Мак-Кея, Туюна, Кроуэлла и Пауля не менее 75% Са, наливающегося в теле тущих мальков форели, лощается через жабры ожу. В озерах с больи жесткостью воды маотая корюшка (Нуроsus olidus) содержит знаельно больше кальи (⁵). Очевидно, у костих рыб проникновение перальных веществ из ы через жабры и кожу жит важным источниобеспечения растущего анизма минеральными динениями: кальция и фора, поступающих с цей, оказывается недоочно.

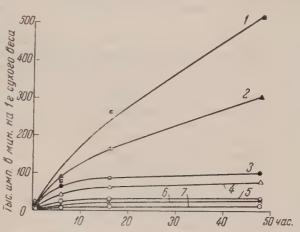


Рис. 1. Поступление P^{32} в различные органы карпов. 1 — жабры, 2 — плавники, 3 — сердце, 4 — печень, 5 — плавательный пузырь, 6 — позвонки, 7 — мышцы

В согласии с Крогом (6) мы считаем, что у рыб непосредственный ионный ен с окружающей средой совершается в основном через жабры. Как азала И. А. Шеханова (3), обмен происходит также и прямо через кожу. взание Г. С. Карзинкина (7) и И. А. Шехановой (8) на очень слабое усвое фосфора из воды мальками осетра представляет большой интерес, но бует дополнительной проверки, так как у костистых рыб, как мы видим, и фосфора и кальция, растворенные в воде, используются весьма интенно.

Начиная опыты с мечением мальков и годовиков карпа, мы остановились маркировке рыб путем помещения их в ванны с радиоактивным раство. Методы такой маркировки были разработаны ранее для рыбца и ше- (9,10). Проверка растворов с разной активностью (от 0,1 до 3 мк/л) по- ала, что наиболее удобным является раствор с удельной радиоактивно- в 1—2 мк/л. В растворах меньшей активности приходилось выдернать рыб долгое время, до 24 часов. При активности, равной 1—2 мк, гаточна выдержка, не превышающая 2 часа.

При помещении годовиков карпа весом в 20—40 г в растор Ма₂НР³²О₄ с концентрацией фосфора около 0,7 мг% и удельной активностью 1 мк/л было обнаружено, что радиоактивный фосфор поглощается в первую очередь наружными частями тела рыб (жабры, чешуя, плавники), в последнюю очередь — костями и мышцами (рис. 1). По скорости поглощения фосфора

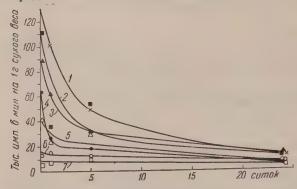


Рис. 2. Спад радиоактивности органов карпов, меченых P^{32} , при содержании в нерадиоактивной воде. 1 — чешуя, 2 — жабры, 3 — плавники, 4 — сердце, 5 — печень, 6 — позвонки, 7 — скелетные мышцы

намечается следующий ряд жабры>плавниорганов: ки>сердце>печень>плавательный пузырь>позвонки >мышцы. Для вычисления скорости поглобыла определена шения активность 0,1 мл раствора Na₂HP³²O₄, оказавшаяся равной 624 000 имп/мин. Отсюда 891 милл. имп/мин. соответствует около 1 мг фосфора. Средняя часовая скорость поглощения фосфора за 6 часов содержания рыб в растворе составила для жабр 28 мг на 1 кг сух. веса, для мышц 1,1 мг

на 1 кг сух. веса, т. е. в 25 раз меньше. Надо отметить, что накопление радиоактивного фосфора в органах карпа явилось результатом не только обмена фсофора органов на ${\rm P}^{32}$ среды. Увеличение количества этого эле-

мента в теле рыб происходит также вследствие их содержания в растворе с повышенной концентрацией фосфора.

Спад радиоактивности после перевода годовалых карпов из раствора $Na_2HP^{32}O_4$, в котором они находились 6 часов, в проточную нерадиоактивную воду происходил вначале быстро, затем замедлялся (рис. 2). Дольше всего радиоактивный фосфор сохраняется в костях и чешуе, быстрее всего исчезает из сердца, печени и мышц. Падение радиоактивности органов совершается быстрее, чем при наличии одного естественного распада Р32. Причиной этого, видимо, является обмен фосфора тела рыб на фосфор, поступающий из среды. В первое время могло происходить и уменьшение концентрации Поглощение радиоактивного кальция различными органами карпов из раствора

Таблица 1

Название органов	Число тыс. имп мин на 1 г золы	Поглощено кальция на 1 г золы органа (мг)	Скорость поступле- пия кальция в органы (в мг/час на 1 г эолы)
Жабры Внутренние органы Чешуя Плавники Кости жаберной крышки Позвонки Скелетные мышцы	895,4 156,7 81,9 72,3 42,5 32,2 5,9	6,3 1,1 0,6 0,5 0,3 0,2 0,04	4,2 0,7 0,4 0,3 0,2 0,13 0,03

фосфора в рыбах вследствие их перевода в воду с малым количеством фосфора, в частности мог происходить обмен ортофосфата на другие анионы.

При выдерживании годовиков карпа в течение 1 ч. 30 мин. в растворе $Ca^{45}Cl_2$ с концентрацией Ca около 14 мг% и активностью 1,6 мк/л в органах карпа также быстро накапливается радиоактивный кальций и также накопление идет в разных органах с неодинаковой скоростью (табл. 1). Учитывая, что 1 мл этого раствора имеет активность, равную 200 000 имп/мин., мы вычислили часовую скорость поступления Ca^{45} в различные органы. Разница между ними оказалась еще больше, чем в опытах с P^{32} . Сходную в общих чертах картину распределения Ca^{45} по органам карпов дает Богоявленская (11).

Ізучение спада радиоактивности в отношении Са⁴⁵ проводилось на малькарпа, помеченных радиоактивным кальцием и выращиваемых в прудах. о было помечено:

) В Ропше (Ленинградская обл.) в июле 1954 г., 3000 мальков средним м 92 мг (от 10 до 2500 мг). Активность раствора 2 мк/л, выдержка

45 M.

) Там же в июле 1955 г., 400 мальков средним весом 500 мг и 250 мальвесом по 200 мг. Активность раствора 2 мк/л, выдержка 1 ч. 30 мин.

) В Завысочье (Новгородсобл.) в июле 1954 г., 9000 в ков средним весом ок. 140 м ктивность раствора 2,5 мк/л, в ржка 1 час.

На рис. З и 4 показано измене радиоактивности по отвым органам и по рыбе в ры на протяжении 300 дней не мечения Са⁴⁵. Медленнее о происходит спад радиоактости в костях, очень быры в мягких тканях. Через дня наибольшее количество сохраняется в позвонках, вниках и чешуе. Отличить

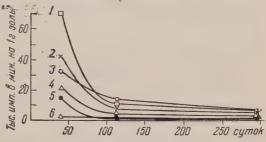


Рис. 3. Спад радиоактивности органов карпов, меченных $\mathrm{Ca^{45}}$, при их выращивании в прудах (Ропша, 1954 и 1955 гг.). 1 — плавники, 2 — чешуя, 3 — позвонки, 4 — жабры, 5 —внутренние органы, — 6 скелетные мышцы

еных рыб от немеченых можно через год после маркировки путем проки на радиоактивность отрезанных и приклеенных на предметное стекловников, через 1,5 года — путем анализа золы после сжигания костей. иоактивность всей рыбы уменьшается ванчале с большой скоростью.

2 - 1 0 50 100 150 200 250 cymok

4. Уменьшение общей радиоактивности кармеченных Са⁴⁵, при их выращивании в пру- (Ропша, Завысочье, 1954 и 1955 гг.). *I* — жи, меченые в Ропше, 2 — мальки, меченые высочье, 3, 4 — ожидаемые кривые радиовности при наличии одного естественного распада Са⁴⁵

Постепенно это уменьшение замедляется, но происходит все жебыстрее, чем если бы спад радиоактивности совершался только за счет одного естественного распада Са⁴⁵. Очевидно, происходит замена кальция, находящегося в теле рыбы, на кальций среды. Эти данные противоречат сообщениям (^{7,8}, ¹¹) о стойком сохранении кальция в теле меченых рыб.

Тщательно проведенные опыты совместного выращивания меченых и контрольных, немеченых, мальков карпа в двух прудах в Ропше показали, что по выживаемости и по скорости роста радиоактивные и нерадиоактив-

рыбы не отличаются друг от друга (табл. 2). Эти данные, вместе с полуной в опытах высокой рыбопродуктивностью прудов (330—340 кг/га добавочного кормления), хорошим темпом роста и незначительными отами за лето (8,75% и 15,4% по двум прудам) позволяют утверждать, что ение рыб в растворе активностью в 2 мг/л не повлияло сколько-нибудь ественно на жизнеспособность мальков карпа. Разделение радиоактива и контрольных рыб производилось путем исследования на радиоактивть хвостового плавника каждого проверяемого экземпляра.

Проведенное при участии П. А. Коржуева исследование крови сеголет-(в возрасте 4,5 мес.) не позволило обнаружить у меченых рыб какихо сдвигов в общем объеме крови, количестве эритроцитов и гемоглобина. Таким образом, поставленные нами опыты показали, что у карпов как и гупий (1) зольные элементы (Р, Са) могут усваиваться непосредственно из окружающей водной среды. Поступление Р и Са происходит главным образом через жабры.

У растущих карпов происходит не только накопление, но и постоянный обмен минеральных веществ, выделение фосфора и кальция в воду и погло-

щение этих элементов из воды и из пищи.

Легкость обнаружения меченых рыб по засушенным плавникам и нормальная жизнеспособность меченых рыб позволяет использовать разработанный намиметод в практической работе по рыбоводству. Используя в каче-

Таблица 2

Сравнение веса и выживаемости меченых ч контрольных сеголетков карпа. Ропша пруды №№ 5 и 6, 18 X 1955 г.

		Контрол	достоверн. различ. по весу					
Пруд Разновидность по чешуе		средний вес в г (M±m)	коэффиц.	колич. (шт.)	средний вес в г (<i>M</i> ± <i>m</i>)	коэффиц.	коэффиц. Вариации колич. (шт.)	
						1		
5	{ Чешуйчатые Разбросанные Все вместе	$38,60\pm1,87$ $33,88\pm1,91$ $36,26\pm1,35$	36,9 42,6 39,9	58 57 115	$39,47\pm2,25$ $35,64\pm2,15$ $37,55\pm1,57$	43,8 46,2 45,3	59 59 118	0,62
6	{ Чешуйчатые Разбросанные Все вместе	$38,13\pm1,56$ $34,87\pm1,56$ $36,56\pm1,12$	30,4 32,0 31,5	55 51 106	37,67±4.84 34,81±1,31 36,25±1,14	35,3 27,2 32,1	52 52 104	0,19

стве метки Ca^{45} , можно метить рыб на срок от 1-1,5 лет при проведении селекционных работ, а также с целью определения выживаемости молоди рыб, выпускаемой в естественные водоемы. Мечение P^{32} и Ca^{45} пригодно для установления численности рыб в замкнутых прудах и озерах и для изучения миграций рыб. Решение вопросов, связанных с промысловым возрастом, требует использования других изотопов, с более длительным периодом полураспада.

Зоологический институт Академии наук СССР и Всесоюзный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства

Поступило 24 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. С. Кирпичников, А. Н. Световидов, А. С. Трошин, ДАН, № 6 (1956). ² С. Я. Капланский, Н. Болдырева, Физиол. журн., 16, 219 (1933). ³ И. А. Шеханова, ДАН, 106, 161 (1956). ⁴ С. Мс-Сау, А. Типізоп et al., J. Biol. Chem., 114, 259 (1936). ⁵ І. Usui, Sukegawa, Bull. Japan. Soc. Fisheries, 5, 315 (1936). ⁶ А. Кгод h, Osmotic regulation in aquatic animals, London, 1939. ⁷ Г. С. Карзинкин, Рыбн. хоз., № 11, 48 (1955). ⁸ И. А. Шеханова, Рыбн. хоз., № 11, 51 (1955). ⁹ В. И. Жадин, Н. Б. Ильинская, А. Н. Световидов, А. С. Трошин, Тез. докл. на научн. сессии, посвящ. достижениям и задачам соврем. биофизики в сельском хозяйстве, 71 (1953). ¹⁰ В. И. Жадин, Н. Б. Ильинская, А. Н. Световидов, А. С. Трошин, Тр. научн. сессии, посвящ. достижениям и задачам соврем. биофизики в сельском хозяйстве, 276 (1955). ¹¹ М. П. Богоявленская, Рыбн. хоз., № 11 50 (1955).

ФИЗИОЛОГИЯ

Б. И. ПАКОВИЧ

О НЕВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОБОРОНИТЕЛЬНО-ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ ПРИ СТРОГОМ СОВПАДЕНИИ ВО ВРЕМЕНИ ДЕЙСТВИЯ ИНДИФФЕРЕНТНОГО И БЕЗУСЛОВНОГО РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ

(Представлено академиком Л. А. Орбели $24\ V\ 1956$)

Настоящее исследование является попыткой экспериментального рещеня вопроса о возможности образования оборонительно-двигательных усовных рефлексов при строгом совпадении во времени действия индиффе-

энтного и безусловного раздражителей.

При описанных в литературе способах применения индифферентного и безсловного раздражителей для образования различных видов условных релексов, всегда имелось предшествование действия одного раздражителя ругому. Предшествующим являлся либо индифферентный раздражитель гри образовании совпадающих, отставленных, запаздывающих и следоых условных рефлексов), либо безусловный (выработка рефлексов при порытии и на следах безусловного раздражения). Продолжительность предествования одного раздражителя другому, в зависимости от вида выраатываемого рефлекса, варьировалась в пределах от десятых долейсекунды о нескольких минут. В тех же пределах менялись и интервалы времени ежду моментами прекращения действия раздражителей.

Методика и результаты опытов. В наших опытах применяось такое совпадение раздражителей, при котором индифферентн**ый** аздражитель мог предшествовать безусловному не более, чем на 10 мсек. той же точностью совпадали и моменты прекращения действия раздражи-

елей.

Такой вариант расположения во времени действия индифферентного и езусловного раздражителей мы сочли возможным назвать строгим совпаением, имея в виду его относительно большую точность.

Исследование проводилось на четырех собаках, не использовавшихся

анее в опытах по условным рефлексам.

Безусловным раздражителем служил индукционный ток, раздражавший ожу передней конечности в области пясти. Пороговым считалось то миниальное раздражение, которое вызывало сгибание конечности в локтевом уставе. Движения регистрировались при помощи пневматической системы ередачи. Определение порога производилось в начале каждого опыта. При очетаниях тока с индифферентными раздражителями сила безусловного аздражения варьировалась от одного до трех порогов.

В качестве индифферентных раздражителей применялись: звук вклюенного в сеть городского тока телефонного наушника громкостью около 0 децибел и комплекс, состоящий из чистого тона 700 гц 70 децибел и света лектрической лампы 75 ватт, меняющего общую освещенность комнаты. опытах на каждой из собак применялся только один из названных раздра-

ителей.

Продолжительность совместного действия индифферентных и безуслового раздражителей изменялась в пределах от 1 до 3—1 до 5 секунд

225

у разных собак. Совпадающие раздражения применялись по 10-20 раз в опытный день с интервалами от 1 до 5 минут.

Чтобы наблюдать за ходом выработки условных рефлексов, наряду с совместными применениями разражителей, индифферентные периодиче-

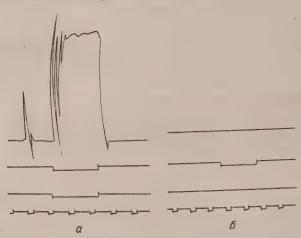


Рис. 1. Собака «Янтарь». a — 63-е одновременное применение комплексного раздражителя и тока, δ — изолированное применение комплексного раздражителя после 63 совпадений его с током; сверху вниз: запись движений лапы, отметка действия индифферентного раздражителя, отметка безусловного раздражения, время в секундах

ски испытывались изолированно. Изолированное действие последних, продолжавшееся сек., током не подкреплялось. Первые испытаиндифферентных раздражителей были y разных проведены собак после 4, 7, 11 и 102 сочетаний. Повторные пробы производились в среднем через каждые 10—30 сочетаний. Всего в опытах, поставленных на разных собаках, было произведено от 205 до 582 совпадающих раздражений.

Несмотря на большое количество таких раздражений, индифферентные раздражители ни

при одном из изолированных применений не вызвали оборонительно-двигательной реакции. При их действии наблюдался лишь слабо выраженный ориентировочный рефлекс без признаков двигательного беспокойства,

характерного для общей оборонительной реакции.

После того, как стало очевидным, что при строгом совпадении раздражителей условные рефлексы не образовались, на трех из подопытных животных те же раздражители были для контроля применены в обычном порядке: 2-3 секунды действовал индифферентный раздражитель, после чего на 1 секунду присоединялся TOK; оба раздражителя выключались одновременно. При такой поставновке опыта у всех собак условные рефлексы появились после

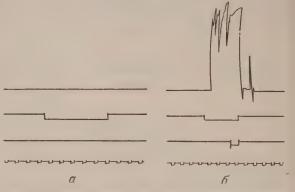


Рис. 2. Собака «Янтарь». a — изолированное применение комплексного раздражителя после 582 совпадений его с током, δ — условный рефлекс на тот же раздражитель после 14 применений его с 2-секундным отставлением. Обозначения те же

8—13 сочетаний и быстро упрочились. В качестве иллюстрации приводим фрагменты кимограмм опытов, поставленных на собаке «Янтарь» (рис. 1 и 2). На 63 совместных применениях комплексного раздражителя и тока имеется ясно выраженная оборонительная реакция (рис. 1 а). Через две минуты комплекс, действующий изолированно, никакой двигательной реакции не вызывает (рис. 1 б). Такой же результат дает изолированное применение комплекса после 582 совпадений его с током (рис. 2 а). В том же опыте переход на 2-секундное предшествование индифферентного раздра-

ителя приводит к образованию условного рефлекса (см. рис. $2\ ilde{o}$ — пят-

адцатое сочетание).

Заключение. Принято считать, что в тех случаях, когда у здороых животных образование условных рефлексов затруднено или невозожно, причиной является несоблюдение одного из двух условий: либо небходимого соотношения возбуждения корковых пунктов, либо-последоваэльности возникновения очагов возбуждения. Следует считать, что и в рас**матриваемом с**лучае отсутствовало какое-нибудь из указанных условий. ак, можно предположить, что в приведенных опытах, при одновременном эзбуждении корковых пунктов не создавалось соотношение сил, необхоимое для образования условного рефлекса. Однако такое предположение вляется мало вероятным. Во-первых, принеизменной интенсивности индиффеентных раздражителей сила безусловного раздражения в каждый опытый день варьировала в достаточно широких пределах. Во-вторых, при том е самом соотношении сил раздражителей рефлексы быстро выработались: ри переходе к обычному порядку применения раздражений. Остается опустить, что препятствием для образования условных рефлексов в наших пытах явилось не соотношение сил индифферентных и безусловного раздратителей, а особенности расположения их действия во времени при сочетаиях. Такое допущение представляется тем более вероятным, что в литерауре уже имеются указания на невозможность образования временных свяей между корковыми пунктами, возбуждаемыми одновременно действуюцими индифферентными раздражителями. Так, И. С. Беритов (1), исследоавший рефлексы на одновременный комплекс раздражителей, указывал, го временные связи между корковыми пунктами компонентов «...если существуют, то настолько мало развиты, что не могут быть обнаружены». .. Н. Брегадзе (2), выясняя условия образования ассоциаций у собак, пришел выводу, что «...при одновременном действии двух индифферентных раздракителей между ними не устанавливается временная связь». Все изложеное позволяет предполагать что для образования условного рефлекса еобходим определенный минимальный временный интервал между моменами возникновения возбуждения в корковых пунктах к которым дресуются сочетаемые раздражители. Вероятно, в наших опытах этот нтервал был меньше необходимого.

Физиологическая лаборатория Академии наук СССР Поступило 14 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 М. С. Беритов, Индивидуально-приобретенная деятельность центральной нервой системы, Тифлис, 1932, стр. 380. ² А. Н. Брегадзе, Тез. докл. 8-го Всесоюзн. ъезда физиологов, биохимиков, фармакологов, 1955, стр. 85.

ФИЗИОЛОГИЯ

н. м. петрунь

К ВОПРОСУ О ДЫХАНИИ ЧЕЛОВЕКА ЧЕРЕЗ КОЖУ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ НА ПОГЛОЩЕНИЕ КИСЛОРОДА ЧЕРЕЗ КОЖУ ЧЕЛОВЕКА

(Представлено академиком Л. А. Орбели 20 VII 1956)

При изучении энергетических затрат у рабочих горячих цехов $(^2,^6,^7)$ было обнаружено, что летом у вальцовщиков прокатного цеха во время работы имеет место пониженное по сравнению с зимними условиями потребление O_2 и выделение CO_2 легкими. Трудно предположить, что при высокой температуре воздуха и выполнении одной и той же физической работы интенсивность процессов обмена веществ в организме уменьшается. Поэтому возникло предположение, что при высокой температуре воздуха увеличивается роль дыхания через кожу, благодаря чему и компенсируется снижение легочного газообмена.

В предыдущих исследованиях (11) мы выяснили, что выделение CO_2 через кожу человека, находящегося в состоянии покоя при обычной температуре воздуха (18 — 20 °) составляет 1— 1 ,3% от легочного. Повышение температуры воздуха увеличивает интенсивность выделения CO_2 через кожу. При высокой температуре воздуха (40 °) количество выделившейся через кожу CO_2 увеличивается в состоянии покоя в 3—4 раза, а при выполнении физической работы (при затрате энергии 3— 3 ,5 ккал/мин.)— в 6— 8 раз, достигая 6— 8 ,5% от легочного дыхания.

Вопрос же о поглощении O_2 через кожу человека недостаточно изучен. Имеются лишь отдельные данные о поглощении O_2 через кожу руки и предплечья (4), о факторах, влияющих на выделение CO_2 и абсорбцию O_2 через кожу руки (8,9), о диффузии CO_2 и O_2 через кожу культи и здоровой конечности (5) и об особенностях газообмена через кожу в области живота у здоровых и больных детей (14). Данных о поглощении O_2 через кожу человека при различных температурных условиях в литературе нами не обнаружено.

Для разрешения этого вопроса нами сконструирован специальный аппарат (10), состоящий из легкого водолазного костюма, использованного в качестве герметичной камеры и газоанализатора. Испытуемый надевал на себя герметичный прорезиненный костюм, после чего отверстие, через которое костюм надевался, закрывалось замками «молния» и заклеивалось. Лицо при этом оставалось открытым, и испытуемый дышал наружным

воздухом.

Костюм спабжен четырьмя отверстиями: два в рукавах и два в нижней части — у ног. Посредством компрессора в костюме создавалась рециркуляция воздуха, который, проходя через поглотители с баритом, освобождался от СО2. Количество последней определялось путем титрования барита щавелевой кислотой. Содержане О2 в костюме до и после исследования определялось путем забора отдельных проб воздуха и исследования его в сконструированном нами газоанализаторе (рис. 1). Измерительная бюретка указанного газоанализатора рассчитана на забор 100 мл исследуемого воздуха и имеет два грушевидных расширения: первое объемом 78 мл, а второе — 10 мл. Объем измерительной бюретки от первого расширения

второго равен 5 мл, а от второго до метки в 100 мл 7 мл. Проградуированы бе части бюретки с точностью до 0,002 мл.

Произведенное нами испытание показало, что точность определения наим газоанализатором в 15 раз выше точности определения аппаратом

олдена.

Исследования проводились на практически здоровых людях (6 мужчин 4 женщины), предварительно прошедших медицинский осмотр. Кроме іределения количества потребленного через кожу О2 проводилось исслевание и ряда других показателей состояния организма, как определение

егочного газообмена методом Дуглас — Холена, температура тела, температура кожи нескольких точках накожным термометром опротивления Шахбазяна $(^{13})$, частота пульи и общие потери в весе. Регистрировалось асыщение артериальной крови кислородом ксигемометром и определялось содержание лекислоты в венозной крови — аппаратом ан-Сляйка. Проводилось также наблюдение т состоянием периферической капиллярной ети. Все исследования проводились в теплоой камере Киевского института гигиены руда и профзаболеваний по утрам, натощак, ак правило в течение 2 часов.

Полученные нами результаты исследоваий представлены на рис. 2. Они указыват на то, что в состоянии покоя при нормальой температуре воздуха (18—20°) количество оглощенного О2 через кожу у испытуемых олебалось от 94 до 220 см³/час, составляя в реднем 193 см³/час. При физической работе —2,5 ккал. валовой затраты энергии) и бычной температуре воздуха интенсивность оглощения О2 через кожу была в 1,5 раза больше, чем в покое и колебалась от 26 до 502 см³/час, при средней величине

При повышении температуры воздуха, в

57 см³/час.

Рис. 1. Схема газоанализатора нашей конструкции

оторой находится испытуемый, интенсивость поглощения кислорода через кожу при покое возрастает, достиая при 40° 325—650 см 3 /час, при средней величине 504 см 3 /час. При ыполнении физической работы в условиях высокой температуры воздуха 10°) поглощение ${
m O}_2$ через кожу происходит еще более интенсивно и достичет величин 552—1137 см³/час, составляя в среднем 730 см³/час. Эта велиина в 1,5—2 раза больше, чем поглощение O_2 через кожу у этих же лиц, аходящихся в состоянии покоя при аналогичной температуре воздуха и 4—6 раз больше чем поглощение O2 через кожу при нормальной температуе воздуха.

Приведенные данные указывают на то, что на интенсивность поглощения · через кожу человека влияет как температура воздуха, так и выполнение изической работы. При повышении температуры воздуха у всех испытуеых наблюдалось увеличение интенсивности поглощения О2 через кожу по

ипу кривой второго порядка.

При нормальной температуре воздуха как в покое, так и при физической аботе поглощение кислорода через кожу составляет 1,48—1,67% по отошению к легочному. По мере повышения температуры воздуха поглощеие O_2 через кожу возрастает и при 40° составляет 3.22-3.78% от легочного. Поглощение O₂ на 1 м² поверхности легких и кожи при нормальной темературе примерно одинаково. При повышении же температуры воздуха

относительные величины поглощения O_2 через кожу возрастают в 2-2.5 раза. Это свидетельствует о том, что при повышении температуры воздуха

роль дыхания через кожу значительно возрастает.

Полученные данные указывают на то, что процесс газообмена через кожу не является односторонним, а что наряду с выделением СО₂ происходит и поглощение кожей О₂. Дыхательный коэффициент газообмена через кожу колеблется от 0,98 до 1,01.

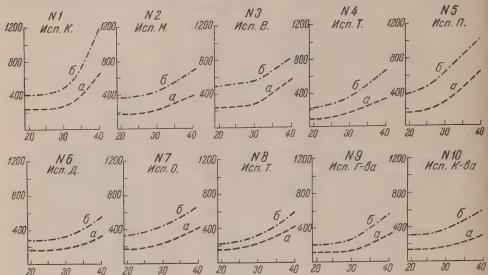


Рис. 2. Поглощение кислорода через кожу у лиц мужского (№№ 1—6) и женского пола (№№ 7—10) в состоянии покоя (а) и при выполнении физической работы (б) в условиях различной температуры окружающего воздуха. По оси абсцисс — температура (°C), по оси ординат — поглощение O_2 через кожу в см³/час.

Увеличение поглощения О2 через кожу при повышении температуры окружающего воздуха находится в тесной связи с рефлекторным расширением кровеносных сосудов, вызывающим увеличение притока крови к перифе-

рии, а также с усилением выделения пота.

Расширение капилляров кожи и усиление тока крови в них при высокой температуре воздуха привело нас к заключению, что причина повышения интенсивности поглощения О2 через кожу, так же как и выделение СО2, лежит в более интенсивном обмене газами между кровью и просветами потовых желез, которые густо оплетены капиллярами, и происходит в результате разницы в парциальном давлении О2 в кровеносном русле и в просветах потовых желез.

Об этом также свидетельствует наблюдавшееся нами изменение газового состава крови при повышении температуры наружного воздуха. Чем выше температура окружающего воздуха, тем ниже насыщение артериальной крови кислородом. Если при температуре $20-25^{\circ}$ за 1 час насыщение артериальной крови O_2 у испытуемых снизилось на 4,5%, то при 40° снижение достигло 7,5% за 1 час. Одновременно с этим при высокой температуре (40°) наблюдалось уменьшение содержания CO_2 в венозной крови в покое на 5v%, а при физической работе на 7v% по сравнению с данными, полученными при обычной температуре воздуха.

Аналогичные данные наблюдали Е. Ф. Георгиевская и др. (3), Адольф и Фельтен (1), которые нашли некоторое изменение активной реакции плазмы венозной крови в щелочную сторону при значительном падении об-

щего содержания СО2.

С. Е. Северин $(^{12})$, исследуя влияние высокой температуры на газовый состав крови животных, пришел к выводу, что степень насыщения крови

и способность связывать О2 воздуха в артериальной и венозной крови яется в противоположных направлениях, а именно: степень насыщения

венозной крови повышается, артериальной — понижается.

Так как степень насыщения O_2 периферической венозной крови резко ышается, то можно характеризовать наблюдавшиеся нами изменения ведущие к артериализации периферической венозной крови: общее ичество CO_2 становится меньше, напряжение CO_2 падает, степень насычия O_2 увеличивается, парциальное давление O_2 также увеличивается. Наблюдавшееся рядом исследователей $(^2,^6,^7)$ поинжение легочного газона у рабочих горячих цехов полностью согласуется с нашими данными увеличению интенсивности поглощения O_2 через кожу при высокой тематуре воздуха. Благодаря возрастанию дыхания через кожу происходит пенсация того снижения легочного газообмена, которое наблюдалось абочих горячих цехов. Это в свою очередь указывает на то, что при выой температуре и выполнении физической работы теплопродукция оргизма человека не понижается, а либо остается на прежнем уровне, либо иного повышается.

Из наших исследований вытекает, что при определении теплопродукции овека наобходимо наряду с газообменом через легкие учитывать также

азообмен через кожу.

Полученные данные о поглощении кислорода кожей человека выдвигают можность постановки вопроса об использовании кожного пути для довки организму кислорода при помощи использования повышенного оциального давления его во внешней среде.

Киевский институт гигиены труда и профзаболеваний Поступило 17 X 1955

цитированная литература

¹ Е. F. A d o 1 р h, W. F u 1 t o n Am. J. Physiol., 67, 573 (1923). ² Н. Н. В и т т е, лообмен человека и его значение для нормирования метеорологических условий, сертация, Чкалов, 1943. ³ Е. Ф. Георгиевская, Г. В. Дервиз и др., Инст. по изуч. проф. болезней им. Обуха, в. 1, 244, М.— Л. (1934). ⁴ G. Е п d е г s, п. Wchschr., № 48, 2298 (1928). ⁵ А. Г. Жиронкин, Е. Г. Зыкина, Сборн. чн. тр. Ленингр. научно-иссл. инст. протезирования, в. 5, 1948, стр. 6—23. Б. Леках, Л. С. Клюеваи др., Тр. и матер. Днепропетровск. инст. патол. и гины труда, Днепропетровск, в. 5, 3 (1935). ⁷ А. Б. Леках, С. И. Ляховецти, И. М. Шлифер, там же, стр. 126. ⁸ L. А. Shaw, А. С. Меsser, Veiss, Ат. J. Physiol., 90, № 1, 107 (1929). ⁹ L. A. Shaw, A. С. Меsser, Ат. Physiol, 98, № 1, 93 (1931). ¹⁰ Н. М. Петрунь, Бюлл. эксп. биол. и мед., № 12, (1952). ¹¹ Н. М. Петрунь, ДАН, 93, № 4, 745 (1953). ¹² С. Е. Северин, Инст. по изуч. проф. болезней им. Обуха, Л.— М., в. 1, 174 (1934). ¹³ Г. Х. Шахаян, Гигиеническое нормирование микроклимата прозводственных помещений, Киев, 2. ¹⁴ Е. Е. Шестовская, Тр. Воен.-мед. Акад. им. Кирова, 52, 239 (1952).

3. Г. ТРОФИМОВА*

ВЕНЕЧНОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ У СОБАК ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕЩЕСТВ, ИЗМЕНЯЮЩИХ УРОВЕНЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

(Представлено академиком А. Д. Сперанским 21 II 1956)

Среди большой электрокардиографической литературы мы не нашли сравнительных экспериментальных исследований о действии сердечных веществ и одновременном изменении биоэлектрической деятельности сердца. По экспериментальным и клиническим наблюдениям при нарушении кровоснабжения сердечной мышцы наблюдаются разнообразные изменения электрокардиограммы. При экспериментальном сужении одной из ветвей левой венечной артерии (⁵), атеросклерозе артерий (¹²), нарушениях обмена веществ в организме (⁹), нарушениях кровоснабжения и ишемии седечной мышцы (³,6-8) наступает инверсия или усиление зубца Т, смещение интервала ST, уплощение зубца Р, снижение потенциала электрокардиограммы и особенно снижение зубца R.

Для визуального наблюдения за коронарным кровообращением в конце 1953 г. Н. П. Синицын (11) применил способ выведения сердца собаки под

кожу.

Задачей нашей работы являлось одновременное и сравнительное наблюдение за изменением ширины венечных сосудов и биотоками сердца под влиянием введения сердечных веществ, повышающих и понижающих

артеральное давление.

По предложению С. В. Андреева с начала 1952 г. разрабатывается методика вживления перикардиальной канюли для наблюдения за функциопальным состоянием венечных сосудов сердца собаки с применением киносъемки (4). Данная работа проводилась в Институте фармакологии совместно с Отделом научной кино-фотодокументации Академии медицинских паук СССР.

У всех животных за 1—2 дня до киносъемки записывали электрокардиограмму в трех стандартных и в грудном отведениях. Под морфийно-уретановым наркозом в пятом межреберье делали послойный разрез, после перевязки межреберных артерий удаляли одно или два ребра и вскрывали плевру. Продольным разрезом вскрывали перикард и подшивали его к плевре и мышцам. Перикардиальную канюлю помещали над нисходящей ветвью левой венечной артерии. В каждом опыте до введения того или иного вещества производили киносъемку исходного состояния венечных сосудов

и одновременно записывали электрокардиограмму.

В опытах применяли вещества, повышающие уровень артериального давления (адреналин, эфедрин), понижающие кровяное давление (гипотонин, нитроглицерин), мало изменяющие кровяное давление (кофеин) и не изменяющие кровяное давление (валидол). Кофеин, эфедрин, адреналин и гипотонин (2,10) вводили в бедренную вену, валидол и нитроглицерин наносили на слизистую оболочку боковой поверхности языка (в средней трети) на площадь в 1 см². Для измерения сосудов, заснятых на кинокадрах, пользовались фотоувеличителем. В каждом опыте миллиметровой линейкой измеряли ширину одной из ветвей левой венечной артерии, и иногда также и

^{*} При участии Н. К. Ревельского.

ы, на протяжении ста или двухсот кинокадров и вычисляли средний иметр сосуда. Опыты были поставлены на 14 взрослых собаках обоего

иа, весом от 7 до 17 кг (¹).

Действие адреналина изучалось в 9 опытах и характеризовалось перионеским изменением диаметра венечных артерий. В опытах №№ 5, 6, 7 овоначально происходило расширение венечной артерии, которое в дальйшем сменялось сужением. Однако ширина артерии не достигала исходо состояния. Затем снова наступало расширение, сменявшееся сужением ис. 1).

В большинстве опытов адреналин оказывал действие в первые минуты. трех опытах максимальное расширение наступало в течение первых

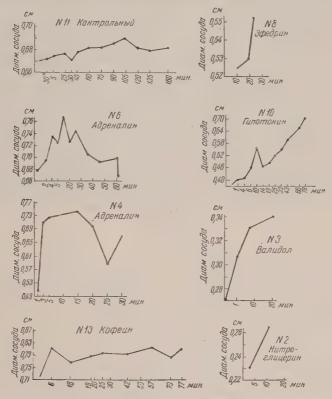


Рис. 1. Сравнительное действие различных сосудистых веществ на венечные артерии

минут. В других трех опытах наибольшее расширение отмечено на 10—

минуте.

В семи опытах после введения адреналина наступало расширение сосув, в одном опыте (№ 10) произошло сужение. В этом опыте адреналин был еден после гипотонина, вызвавшего расширение левой венечной артерии вое. Введение адреналина на этом фоне сопровождалось сужением аррии. Несмотря на резкие колебания просвета сосудов, адреналин не вывал двуфазного действия, за исключением одного опыта (³), в котором жение сменилось расширением и диаметр артерии стал больше исходного ордайк (¹³) отмечает двуфазное действие адреналина на венечные сосуды олированных сердец кошек и кроликов. Адреналин оказывал длительное следействие — до 60 минут (опыты №№ 5, 6, 7).

При сравнении описанных фактов с электрокардиографическими нными отмечается, что при расширении венечных артерий увеличиваются бцы R и P и иногда уменьшается длительность желудочкового комплекса.

При сужении артерий происходит снижение зубца R, увеличение длительности желудочкового комплекса, увеличение высоты зубца Т; последний иногда становится отрицательным. В опыте № 5 до введения адреналина зубец P равен 3 мм, зубец R 13 мм, после введения адреналина, когда наступало сужение артерии, зубец R уменьшался до 5 мм, зубец P не изменялся, так что высота зубцов R и P стала почти одинаковой. В опыте № 7 при резком сужении сосудов зубец T стал отрицательным, а ST-интервал—выше изолинии. По данным Митчелл и Шапиро (14) под влиянием введения адреналина у человека происходит инверсия или уплощение зубца T и понижение интервала ST.

Эфедрин в двух опытах (№№ 6 и 8) вызвал увеличение просвета сосудов и в одном (№ 5) после кратковременного и незначительного увеличения

Таблица 1 Сводная таблица опытов

	Состояние сосудов							
Вещества	Расширение	Сужение	Двухфазное действие	Без эффекта	Число опытов	Колич. введ. вещест. на 1 кг веса животного		
Адреналин (0.1%) Кофеин (10%) Эфедрин (5%) Гипотонин Валидол Нитроглицерин (1%)	7 4 2 4 1	1 2 -	1 - 2 1 1		943922	0,01—0,13 мл 0,02—0,13 мл 0,1—0,13 мл 1—6 мг 3—4 капли 3—4 капли		

диаметра наступило уменьшение диаметра. В опыте № 8 в период наибольшего расширения сосудов уменьшилась длительность систолы желудочков с 0,27 до 0,22 сек.

Валидол, так же как и нитроглицерин, вызвал в одном опыте расширение сосуда, в другом опыте наблюдался двуфазный эффект, с той разницей, что после введения валидола первоначально наступило сужение, а затем — расширение.

Введение кофеина во всех пяти опытах сопровождалось расширением венечных артерий. Наибольшее расширение наступало через 6—13 мин. (опыты №№ 13 и 12), и через 20—30 мин. (опыты №№ 6, 8 и 14). В опыте № 13 эффект расширения наблюдался в течение 80 минут. Ниже приводим опыт № 14 от 9 XII 1955 г. (рис. 2). После введения кофеина ширина сосудов изменялась не так резко, как после введения адреналина; только в одном опыте (№ 6) отмечалось волнообразное расширение.

В качестве вещества, понижающего общее артериальное давление, был применен в 9 опытах гипотонин. После введения гипотонина в большинстве опытов (№№ 1, 7, 8, 10) венечные артерии были расширены. Двуфазный эффект был отмечен в двух опытах (№№ 2 и 6). В двух опытах (№№ 5 и 9) гипотонин вызвал спазм сосудов и в одном опыте (№ 4)— никакого эффекта

не было.

Наибольший эффект чаще наступал к 10—30 минуте. Длительное расширение венечных сосудов после гипотонина — до 80 мин.— наблюдалось в двух опытах (№№ 8 и 10). В период расширения отмечалось уменьшение интервала RR, укорочение систолы желудочков, увеличение потенциала зубцов R и P. В период сужения артерии уменьшался вольтаж зубца R.

Самое значительное расширение наблюдалось после введения гипотонина: диаметр венечной артерии увеличивался с 0,9 мм до 1,8 мм. Наибольшее сужение венечных артерий было после введения адреналина: диаметр умень-

шился с 1,9 мм до 1,2 мм (опыт № 10).

В контрольном опыте в бедренную вену дважды вводился физиологический раствор в количестве 0,8 мл и 1 мл (см. рис. 1, опыт № 11). Изменение просвета артерии было незначительным: исходный диаметр сосуда был 1,67 мм, а при наибольшем расширении 1,72 мм, т. е. он изменился в пределах 0,05 мм. Никаких электрокардиографических изменений не обнаружено.

Таким образом, на основе применения комплексного метода исследования коронарных сосудов сердца собаки (при помощи киносъемки) и био-

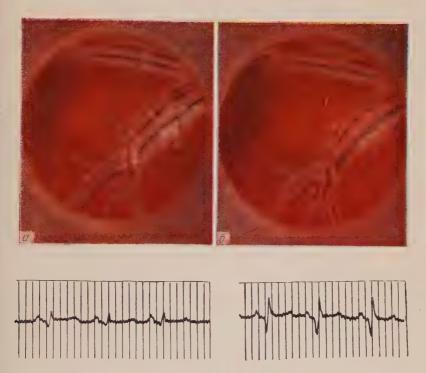
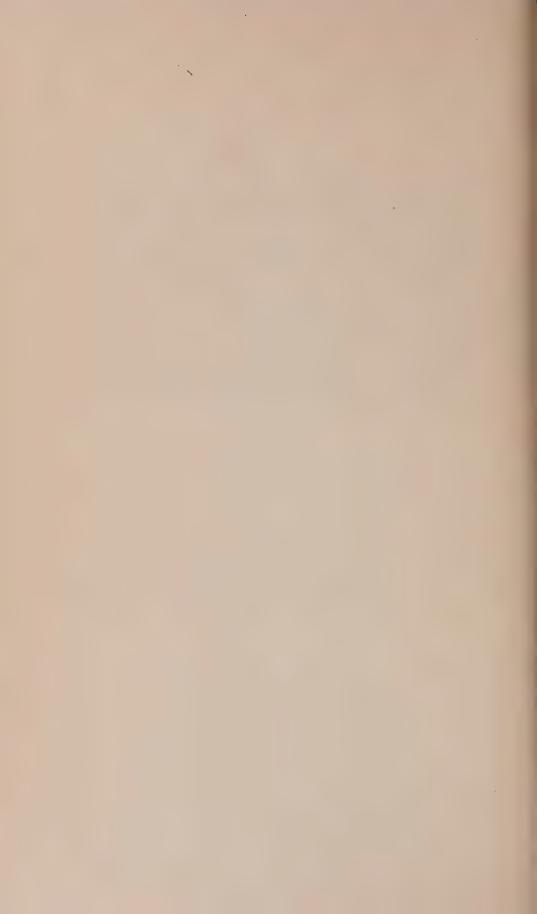


Рис. 2. Опыт № 14 от 9 XII 1955 г. Собака «Марс». Кинокадры. α — венечные сосуды до введения 0,5 мл 10% раствора кофенна. Экг: PQ 0,1; QRS 0,05; QT 0,25; PT 0,35; TQ 0,20. Р 1 мм, R 2 мм, Q 1 мм. σ — венечные сосуды через 96 минут после внутривенного введения кофеина. Видно расширение вены и артерии, появились мелкие сосуды. Экг: PQ 0,1; QRS 0,05; QT 0,22; PT 0,32; TQ 0,20. Р 1 мм, R 6 мм, Q 4 мм (увеличение кадров в полтора раза)



ктрической активности сердца, можно отметить следующее: при увелиии диаметра сосуда, увеличивается вольтаж зубцов R и P и уменьшается тельность желудочкового комплекса. При уменьшении диаметра сосуда ньшается вольтаж зубца R и увеличивается вольтаж зубца T, иногда T новится отрицательным, ST-интервал — выше изолинии. Следовательно, гояние кровоснабжения миокарда связано с обменными и биоэлектричеми процессами сердца.

Изменение ширины венечных артерий не находится в прямой зависимо-

от колебаний общего артериального давления в организме.

Поступило 20 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 С. В. Андреев, З. Г. Трофимова, А. И. Барсукова, Бюлл. эксп. 1. и мед., 1, в. 3 (1955). 2 С. В. Андреев, Н. П. Сперанская, И. Д. Кокова, Н. И. Гаврилов, ДАН, 105, № 4, 848 (1955). 3 М. Я. Арьев, 1. Коронарная недостаточность, в. 15, 1949. 4 А. И. Барсукова, Конфер. мож науч. сотр. Инст. фармакол.. эксперимент. химиютерап. и химиютрофилакт., Тез. 1, 1953. 5 М. А. Волин. Э. Е. Цвилиховская, Т. И. Беслекоев, С. Маят, Уч. зап. 2-го Моск. гос. мед. инст., 1 (1951). 6 С. З. Костюкова, макол. и токсикол., 11, в. 5 (1948). 7 П. Е. Лукомский, Электрокардиограмма заболеваниях миокарда, 1943. 8 В. Е. Незлин, Коронарная болезнь, 1951. Г. Попов, в кн.: Материалы по экспериментально-клинической электрокардногра, 1953. 10 Е. Л. Правоторова, Е. Г. Харахнина, ДАН, 93, № 6 3). 11 Н. П. Синицын, Клинич. мед., 31, № 7 (1953).; Бюлл. эксп. биол. и мед., 3 (1955). 12 Т. А. Синицына, Бюлл., эксп. биол. и мед., 37, в. 3, 16 (1954). Ког dik, Brit. J. Pharmacol. Chemother., 6, 1, 75 (1951). 14 J. Н. Мitchell, Р. Shapiro, Ат. Неаrt J., 48, № 3, 323 (1954).

ЭМБРИОЛОГИЯ

А. С. ГИНЗБУРГ

жировые вещества в овоцитах и яйце севрюги

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузеном 16 IV 1956)

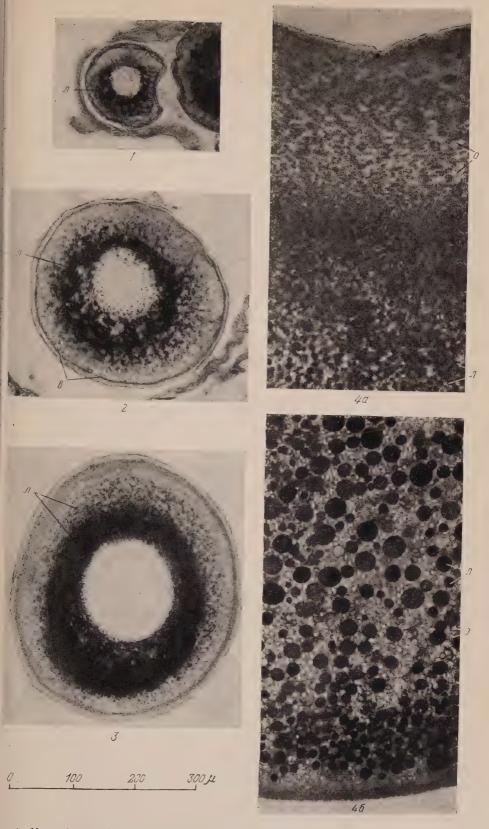
Запасные вещества в яйце играют большую роль не только как источник питания — их характер и распределение накладывают отпечаток на все развитие зародыша. Поэтому изучение дейтоплазматических включений, их возникновения и накопления в ходе овогенеза представляет большой интерес. В яйце осетровых рыб имеется значительный запас питательных веществ, главным образом сконцентрированных в желточных пластинках и жировых капельках; о последних в литературе нет никаких данных.

Настоящая работа посвящена накоплению жировых веществ (липидов) в овоцитах севрюги (Acipenser stellatus Pall.). Ранние стадии этого процесса были изучены в молодых овоцитах из яичников самок, заходящих в реку для нереста (на IV стадии зрелости (3)), и из яичника покатной самки, конечные стадии — в овоцитах, закончивших свой рост (также из яичников IV стадии зрелости), в овоцитах, созревающих под действием гипофизарной инъекции, и в зрелых овулировавших яйцах. Промежуточные стадии, падающие на межнерестовый период, который севрюга прово-

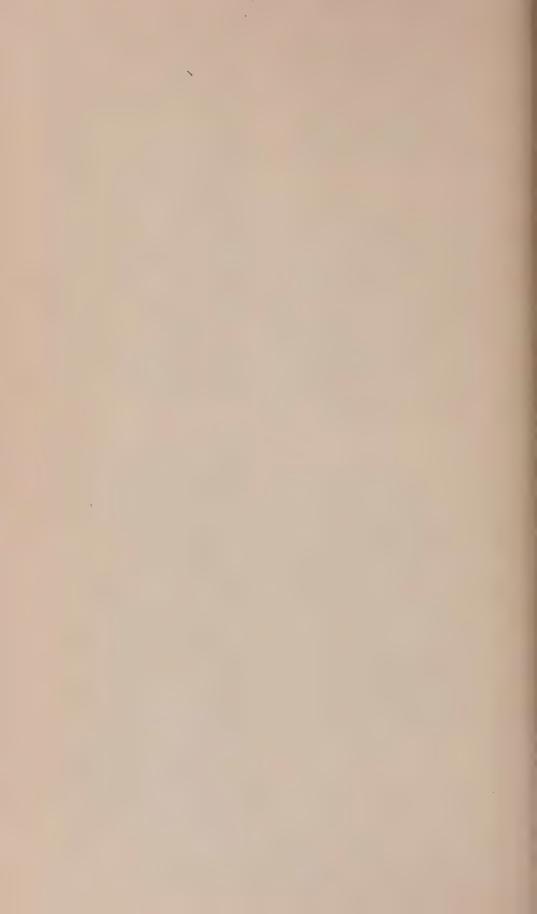
дит в море, не были исследованы.

Материал был собран в мае—июне 1955 г. на осетроводном пункте Аздонрыбвода в хуторе Рогожкино, в дельте Дона. Кусочки яичника, отдельные овоциты, извлеченные при помощи щупа (через разные сроки после инъекции гипофизов), и зрелые яйца фиксировали формол-кальцием по Бейкеру, нейтральным формалином по Лилли и фиксатором Мак-Мануса (14). Фиксация по Мак-Манусу с заливкой в парафин оказалась непригодной: при проводке через ацетон овоциты крошились, при проводке через бензол большая часть жировых веществ растворялась. Хорошие результаты были получены при фиксации нейтральным формалином и в особенности формол-кальцием, заключении в желатину и резке на замораживающем микротоме. Срезы окрашивали суданом III (по Дадди) и черным суданом В. Как известно (14), судан III выявляет преимущественно нейтральные жиры, тогда как черный судан, после фиксации формол-кальцием, кроме нейтральных жиров, выявляет еще и фосфолипиды; последний краситель давал очень четкие картины. Дополнительно применялись фиксация яиц жидкостями Флемминга и Сан-Феличе с заливкой в парафин, окраска срезов железным гематоксилином и азаном по Гейденгайну, гемалауном Майера, докраска срезов, окрашенных черным суданом, квасцовым кармином. Кроме того, кусочки яичника, фиксированные формол-кальцием, тотально окрашивали суданом III.

В яичнике II стадии зрелости (3) (покатная самка севрюги, пойманная в низовье Дона 2 июня) содержатся овоциты небольшого размера, в которых еще не началось накопление желтка. Эти овоциты (рис. 1, 1—3) имеют округлую или иногда несколько удлиненную форму, нередко не вполне правильную вследствие давления, оказываемого ими друг на друга. Крупное, центрально расположенное ядро содержит большое число ядрышек, прилежащих к ядерной оболочке. При окраске черным суданом или



с. 1. Микрофотографин овоцитов из янчника покатной самки севрюги (1-3) и зрелого ца (4a — анимальная область, 4b — вегетативная область). Формол-кальций, черный суг, b — периферические вакуоли, b — зерна желтка, b — липидные включения, b — светлые островки в анимальной области яйца (производные кариоплазмы)



даном III ядро остается бесцветным, ядрышки различимы лишь

агодаря тому, что они сильно преломляют свет.

Вокруг ядра в цитоплазме выявляются жировые включения. В овотах с диаметром 100—150 и жировые включения располагаются в ограченной области, охватывая ядро полукольцом (рис. 1,1). Более крупные еди этих включений имеют обычно сферическую форму, некоторые из х достигают 10—12 р в поперечнике. Повидимому, это жировые капельки. и окрашиваются черным суданом в черный и суданом III в оранжевый ет, т. е. содержат нейтральные жиры. Между жировыми капельками и круг области, которую они занимают, лежит множество мелких включей, четко выявляющихся при окраске черным суданом и неразличимых при раске суданом III, дающим здесь лишь слабое диффузное окрашивание; и включения имеют, повидимому, в основном фосфолипидную природу.) мере роста овоцитов число жировых включений увеличивается и они ружают ядро. У овоцитов с диаметром 230—330 µ (рис. 1, 2) жировые лючения кольцом охватывают ядро; крупные располагаются ближе ядру, а между ними и на периферии жирового кольца лежат мелкие, одиночке или часто группами. У наиболее крупных овоцитов из яичнипокатной самки (с диаметром 360—430 д) количество жировых включений це больше, широкая полоса цитоплазмы вокруг ядра заполнена ими ис. 1,3). Жировое кольцо несимметрично—с одной стороны ядра оно знательно шире (рис. 1, 2, 3).

Цитоплазма овоцитов в тех местах, где она не содержит жировых вклюний, окрашивается черным суданом в бледный голубовато-серый тон, е. содержит небольшое количество диффузно распределенных липидов. болочка остается бесцветной. На самой периферии овоцитов всех размеров вают видны светлые вакуоли варьирующей величины, расположенные один ряд (часть такого ряда видна на рис. 1,2). Периферические вакуоли рошо различимы и на парафиновых срезах, окрашенных железным ге-

токсилином. Значение их остается пока неясным.

Асимметричное расположение жировых включений, обнаруживающеена срезах, с особенной четкостью выступает на тотальных препарах — кусочках яичника покатной самки, окрашенных суданом III и проетленных в глицерине. В овоцитах, находящихся на ранних стадиях напления жировых веществ, окраска гораздо ярче (и, соответственно, коннтрация жировых веществ больше) в той части жирового слоя, где он еет наибольшую толщину. Очевидно, что в области, где началась выратка липидов, она и на последующих стадиях идет более интенсивно.

Жировые вещества обнаруживаются в молодых овоцитах не только поснереста, но и до него, в яичнике IV стадии зрелости, где среди крупных гментированных овоцитов, которые будут вскоре выметаны, разбросаны лкие овоциты следующей генерации. Здесь в овоцитах размером 70—80 радиаметре мы находим начальные стадии накопления жировых веществ:

срезах видно, что ядро в них расположено эксцентрично, и с той эроны, где слой цитоплазмы шире, к нему прилежат одна, две и несколько жировых капелек, окруженных мелкими липидными вклюниями. Эти первые жировые капельки могут уже достигать 10—12 µ в аметре. В овоцитах большего размера (380—400 µ в диаметре) имеется прокий слой жировых включений, как и в овоцитах такого размера из

чника покатной самки (рис. 1,3).

Пигментированные, закончившие свой рост овоциты из яичника IV стаи зрелости по объему в 250—400 раз больше наиболее крупных овоцитов едующей генерации. За межнерестовый период они накопили огромный пас питательных веществ, сконцентрированный главным образом в вегегивной части овоцита. Ядро, оттесненное в анимальную область, попрежму не содержит липидов. При созревании овоцитов (в результате инъеки гипофизов) ядрышки и ядерная оболочка растворяются и содержимое ра постепенно распределяется в цитоплазме анимальной области.

В зрелом, способном к оплодотворению яйце в анимальной области (рис. 1,4а) мы находим многочисленные светлые островки, представляющие собой производные кариоплазмы (1). Эти сстровки окружены цитоплазмой, заполненной мелкими зернами желтка (овальной или удлиненной формы, имеют 1—3 μ в большем диаметре). Желточные зерна окрашиваются черным суданом в серо-голубой цвет, суданом III — в бледно-желтый. Таким образом они, повидимому, содержат вещества липидной природы. Обссобленных жировых включений здесь нет, что подтверждается и на осмированных препаратах (фиксация жидкостью Флемминга). В вегетативной области (рис. 1,46), заходящей в яйце осетровых выше экватора, пресбладают крупные желточные зерна, имеющие правильную эллипссидную форму и достигающие 13—15 μ в большем диаметре. Среди них находится множество жировых капелек. У периферии яйца и в зсне, переходной между анимальной и вегетативной областями, располагаются более мелкие капельки, в центре вегетативной области они крупнее (размеры варьируют от 3 до 45 µ в диаметре). Содержимое жировых капелек жидкой консистенции, оно окрашивается черным суданом в черный, суданом III— в оранжевый цвет и чернится четырехокисью осмия. Таким образсм, в зрелом яйце, так же как и в молодых овоцитах, в состав жировых капелек входят нейтральные жиры.

Полученные данные приводят к следующим заключениям:

1. Первые жировые капельки в овсцитах севрюги появляются в непосредственном соседстве с ядром, в ограниченной области, по сеоєму положению соответствующей области желточного тела или архоплазмы в овоцитах ряда животных, — совершенно так же, как это происходит у некоторых костистых рыб $(^2,^{15})$, у амфибий $(^9,^{17})$, птиц $(^{10})$ и человека $(^7)$. Это приводит к предположению, что в овоцитах осетровых рыб также имеется желточное тело.

2. Вопрос о том, какие клеточные компоненты участвуют в синтезе жировых веществ, вызывает много споров. Широко распространена точка зрения, согласно которой жир синтезируется тельцами Гольджи, однако она встречает серьезные возражения (15). Для бычка Gobius neilli описывалось участие ядрышек в синтезе жиров (16). У севрюги в настоящей работе не было установлено никакой связи между синтезем жиров и ядрышками, ни на одной стадии не содержавшими жировых веществ.

3. Накопление жировых веществ, начавшееся в ограниченной области цитоплазмы рядом с ядром, затем идет в этой сбласти с бсльшей интенсивностью. В результате слой жировых включений, окружающий ядро, на всех стадиях имеет неравномерную толщину. Область, где этот слой толще всего, повидимому, соответствует (так же как и у амфибий (17)), будущему

вегетативному полюсу.

Первичная полярность овоцита четко различима с момента появления

первых жировых капель.

4. Жировые включения у осетровых рыб, так же как у костистых рыб (2,11-13) и амфибий (9,17), появляются в цитоплазме овоцита заделго до начала образования желтка. Псэтому нам представляется правильным выделение в развитии овоцита оссбой фазы первоначального накспления жира, как это было сделано В. З. Трусовым для судака (5,6) и И. И. Лапипким для сига-лудоги (2). Однако нельзя согласиться с этими исследователями в определении границ фазы первоначального накопления жира — за ее начало они принимают стадии, на которых овоцит содержит уже много жировых включений (причем Трусов помещает эту фазу даже после фазы первоначального накопления желтка). Совершенно очевидно, что началом ее следует считать появление первых жировых включений, точно так же как началом фазы первоначального накопления желтка считают появление первых желточных пластинок.

Все стадии накопления жира (или «жирового желтка»), начиная с самых ранних, должны быть отнесены к периоду большого роста, так как раз-

раничение периодов малого и большого роста проводится именно по принаку роста за счет активной цитоплазмы в первый период и накопления келтка и других дейтоплазматических включений во второй (4,6). При том, поскольку накопление жира может начинаться очень рано, в овоцихи небольшого размера (как например, у сига-лудоги (2) или севрюги) теряет смысл введенное В. А. Мейеном (4) разделение начала развития овочитов (до наступления большого роста) на периоды синаптенного пути и налого роста. Более оправдано существовавшее ранее (8) и широко распротраненное разделение всего пути развития овоцитов на две части: 1) период траненное разделение всего пути развития овоцитов на две части: 1) период траненной цитоплазмы и общий для овогенеза и сперматогенеза, и период большого рост., присущий только овстенезу, на протяжении которого овоцит накапливает запасные питательные вещества разной природы.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова Академии наук СССР Поступило 13 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Т. А. Детлаф, А. С. Гинзбург, Зародышевое развитие осетровых рыбсеврюги, осетра и белуги) в связи с вопросами их разведения, 1954. ² И. И. Лапицейй, Тр. Лабор. основ рыбовод., 2, 37 (!!49). ³ А. В. Лукин, ДАН, 32, № 5, 374 1941). ⁴ В. А. Мейен, Изв. АН СССР, сер. бнол., № 3, 389 (1939). ⁵ В. З. Труов, Тр. Лабор. основ рыбовод., 1, 155 (1947). ⁶ В. З. Трусов, Тр. Лабор. основ рыбовод., 2, 121 (1949). ⁷ О. Е. Аукгоу d, Zs. f. Zellforsch. u. mikr. Anat., 27, 691 4928). ⁸ V. Grègoire, La Cellule, 26, 221 (9.0). ⁹ H. Hibbard, Arch. le Biol., 38, 251 (1928). ¹⁰ В. Копораска, Arch de Biol., 44, 251 (1933). ¹ В. Копораска, Bull. Intern. de Acad. Polon. Sc. et Let., sér. В II, № 3/5, 163. 1935). ¹² F. Mas, Pull. Soc. Zool. Franc, 77, 414 (1953). ¹³ D. Narain, Zs. f. Cellforsch. u. mikr. Anat., 26, 625 (1937). ¹⁴ Е. Pearse, Histochemistry, Theoreical and Applied, 1954. ¹⁵ В. N. Singh, W. Boyle, Cuart. Micr. Sci., 81, 81, 1928). ¹⁶ М. К. Subramaniam, R. G. Aiyar, J. Roy. Micr. Soc., 55 (1935). ⁷ М. Wittek, Arch. de Biol., 63, 133 (1952).

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

Б. Л. ГАРКАВИ

СПОСОБНОСТЬ ЛИЧИНОК ЛЕНТОЧНОГО ГЕЛЬМИНТА HYMENOLEPIS FRATERNA (STILES, 1906) РАЗВИВАТЬСЯ В МЕЗЕНТЕРИАЛЬНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛАХ

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 4 VI 1956)

Цепень Hymenolepis fraterna (Stiles, 1906) паразитирует в кишечнике мышевидных грызунов. Эти гельминты по морфологии и биологии чрезвычайно сходны с широко распространенным паразитом человека Нутепоlepis nana (Sibold, 1852).

Многочисленными исследователями было установлено, что в организме позвоночных хозяев эти цепи от онкосферы до стадии цистицеркоида раз-

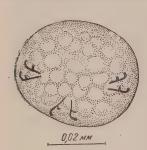


Рис. 1. Онкосфера Нутеnolepis fraterna из лимфатического узла белой

виваются в ворсинках тонких кишок. Котова (1) установила, что личинки Н. папа могут развиваться в солитарных фолликулах кишечника. Махон (2) описал обнаружение цистицеркоидов этого гельминта в печени грызуна Cryptomys dorlingi, погибшего в Лондонском зоологическом саду. Он считал эту находку казуистической.

Мы произвели гельминтологические вскрытия 25 белых мышей. Паренхиматозные органы этих животных мы исследовали на присутствие личинок гельминтов компрессорным методом, содержимое кишечника просматривалось под лупой, а стенки кишечника исследовались тоже компрессорным метолом.

В ткани мезентериальных лимфатических узлов брыжейки у 16 мышей были обнаружены личинки

Hymenolepis fraterna. Личинки находились на разных стадиях развития онкосферы, мегалосферы, сколексогенеза, инвагинации и цистецеркоида. Последние достигали 0,24 мм длины при ширине 0,14 мм. Диаметр сколекса был равен 0,1 мм, хоботок, длиною до 0,045 мм, был вооружен короной из 20—24 крючьев, имевших фратерноидное строение и достигавших 0,1 8 мм длины. Диаметр присосок был равен 0,054 мм. Сколекс находится в обычном, не вывернутом положении. Все эти данные подтверждали, что в нашем распоряжении имелись личинки H. fraterna. Это положение впоследствии было подтверждено экспериментальным заражением белых мышей онкосферами этой цестоды, которое под нашим руководством было проведено И. Я. Глебовой.

Количество личинок в мезентериальных лимфатических узлах исследованных нами естественно зараженных мышей варьировало от одного до нескольких десятков экземпляров. У одной мыши цистицеркоид был обнаружен в полости тела. Личинок этих цестод в ворсинках кишечника нами обнаружено не было. Половозрелые цепни были найдены нами в кишечнике 18 мышей — от одного до нескольких сотен экземпляров. 2 мыши оказались свободными от инвазии. Какой-либо связи между наличием взрослых цестод з кишечнике и наличием их личинок в лимфатических узлах установить нельзя было, так как личинки Hymenolepis fraterna, обнаруживались мезентериальных лимфатических узлах мышей как зараженных взростыми паразитами, так и свободных от них. С другой стороны, при наличии формированных цистицеркоидов в лимфатических узлах мы обнаруживали

з некоторых случаях там же и

энкосферы этих цестод.

В связи с тем, что личинки депней в ткани лимфатических узлов были нами обнаружены на различных стадиях жизненного цикла, можно заключить, что развитие Н. fraterna может происходить и в тканях лимфатических узлов брыжейки. Мы полагаем, что личинки из лимфатических узлов могут вновь мигрировать в кишечник, где достигают половозрелой стадии. Это положение подтверждается отсутствием вокруг этих личинок соединительнотканной капсулы.

Таким образом, нами путем зскрытия белых мышей, естественно зараженных Н. fraterna, было установлено, что развитие этих цепней от онкосферы до цистицеркоида может происходить не тольков ткани ворсинок кишечника и солитарных фолли-

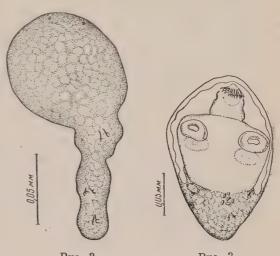


Рис. 2 Рис. 3 Рис. 2. Личинка Hymenolepis fraterna на стадии мегалосферы из лимфатического узла белой мыши

Рис. 3. Цистицеркоид H. fraterna из лимфатического узла белой мыши

кулах, но и в мезентериальных лимфатических узлах, куда личинки проникают по лимфатическим сосудам. Находка Махоном многочисленных цистецеркоидов Н. fraterna в печени грызунов свидетельствует о том, что зрелые цистицеркоиды могут в некоторых случаях попадать в большой круг кровообращения.

Краснодарская Научно-исседовательская ветеринарно-опытная станция Поступило 3 VI 1956

ШИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 З. Н. Котова, Мед. паррзитол и паразитарн. болезни, 19, № 5 (1950). 1 Ј. Маћоп, Ргос. Zool. Soc. London, 124, № 3 (1954). ⁸ К. И. Скрябин, Е. М. Матевосян, Ленточные гельминты — гименолепидиды домашних и охотничье-промысловых птиц, 1945.

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

о. в. головин

БИОЛОГИЯ НЕМАТОДЫ GNATHOSTOMA HISPIDUM

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 4 IV 1956)

Нематоды, относящиеся к сем. Cnathostomatidae Railliet, 1895, в имагинальной стадии развития являются паразитами позвоночных животных, относящихся к различным систематическим группам. Представители рода Cnatostoma Owen, 1836, к которому относится рассматриваемый в настоящем сообщении вид G. hispidum Fedtschenko, 1873, паразитирует у млекопитающих, а также у человека. По сравнению с другими гельминтами гнатостомы являются одними из наиболее патогенных, их паразитирование в организмемлекопитающих нередко приводит к летальному исходу, Местом локализации взрослых гнатостом служит желудок и пищевод, место локализации личинок у человека — подкожная клетчатка. Предшествующим исследователям удалось расшифровать жизненные циклы следующих гнатостом; G. spinigerum (¹), G. nipponicum (²,³), G. doloresi (³). Все исследователи, изучавшие биологию гнатостом, пришли к выводу, что развитие этих гельминтов происходиг с обязательной сменой двух промежуточных хозяев — промежуточного (циклопы) и дополнительного (рыбы, амфибии, рептилии). В результате проведенных работ по изучению биологии G. hispidum нами изучен жизненный цикл этого паразита и выяснено следующее.

Из тела самки яйца выходят еще либо без образования бластомер, либо на стадии двух шаров дробления. Дальнейшее развитие яиц этого гельминта возможно только в воде или на увлажненной почве. В целях определения сроков развития яиц и получения личинок мы помещали яйца в часовые стекла и заливали их тонким слоем воды. Первое дробление на два шара неравных размеров, при температуре 22,5°, которая очевидно является оптимальной, происходит в течение 1—2 час. На 3 день развития при указанной выше температуре личинка принимает бобовидную форму, затем становится червеобразной и с 4 дня развития начинает шевелиться. Заметные изменения в форме и размерах личинки прекращаются на 7-8 день, но выходит личинка из яйца только через 11—12 дней после начала развития. Сроки развития личинок G. hispidum находятся в зависимости от температуры окружающей среды: при 25° личинка выходит из яйца на 9—10 день, при 18° на 15 день, при 37° и выше яйца не развиваются. Яйца, находящиеся в половых путях самки, зафиксированной жидкостью Барбагалло, в течение месяца не теряют способности развиваться до подвижной личинки.

Из яйца личинка выходит в воду, где может жить при температуре 22° до 20—30 дней. В воде личинки не растут и морфологически не изменяются. Вышедшая из яйца личинка одета двумя тонкими прозрачными чехликами, что свидетельствует о том, что в яйце личинка претерпевает две линьки. Для дальнейшего развития личинки необходимо, чтобы она была заглочена промежуточным хозяином—веслоногим рачком из сем. Cyclopidae, причем личинки, заглоченые циклоном сразу же из яйца развиются так же хорошо, как и личинки, проживавшие несколько дней в воде. Плавающая

воде личинка захватывается циклопом активно; при этом окрукающие тело личинки чехлики предохраняют ее от травмирования максиярными конечностями циклопа. Исходя из сказанного, окружающие тело ичинки оболочки следует рассматривать как ценогенетические признаки. кишечной трубке циклопа личинка освобождается от чехликов и проникагв полость тела. Переходличинки из кишечника в полость тела циклопа при емпературе 25° происходитвтечение 15—30 мин. Представители всех использванных в наших опытах 10 видов циклопид, относящиеся к 2 подсемействам 6 родам, заразились личинками G. hispidum. Заражаются личинками как зрослые циклопы, так и особи, находящиеся на первоначальных стадиях опеподитной фазы развития. Для того чтобы выяснить могут ли заражаться ичинками G. hispidum другие низшие ракообразные, мы неоднократно поещали различных Cladocera и Calanoi dea в один сосуд с яйцами и вышедими из них личинками. Подвергавшиеся испытанию животные находились контакте с яйцами и личинками гнатостом не менее 5 суток, однако во

сех случаях были получены отрицательные результаты.

На 5 день пребывания в циклопе при температуре 22-25° личинка лияет (от начала развития это будет третья линька — первые две происходят яйце). У этих личинок имеется четко выраженное головное вздутие, коорое в отличие от головного вздутия личинок последующих стадий лишено одвижности. На 9—10 день пребывания в циклопе происходит четвертая инька. Длина тела на этой стадии развития 0,488—0,520 мм, максимальная ирина 0,071 мм. Передняя треть тела вооружена очень мелкими шипиками. орошо выраженное головное вздутие, размерами 0.050×0.053 мм стаовится уже подвижным и способным погружаться внутрь тела. На головом вздутии имеется четыре ряда мелких крючков, причем в каждом ряду асполагается по 30-40 этих образований. Отходящие от головного вздуия 4 лемнискообразных органа достигают в длину 0,142 мм. Пищевод, меющий в длину до 0,22 мм при максимальной ширине 0,017 мм, тянется виде постепенно расширяющейся трубки. Как будет показано ниже, таие личинки являются инвазионными. Температура воды, в которой наодятся зараженные циклопы, влияет на срок развития личинок: при 7° личинки достигают инвазионной стадии на 7—8 день, при 22—25° на 0—12 день, при 18° на 16—17 день. Личинки, пробывшие в теле циклопов, одержавшихся при 4—7°, а течение 46 дней морфологически не изменялись. Іосле того как эти циклопы были помещены в воду, температура котоой равнялась 19—20°, личинки в циклопах начали развиваться и на 16 ень приобрели форму инвазионных. Учитывая срок жизни циклопов, ожно предположить, что в естественных условиях личинки, попавшие циклопов осенью, могут переживать в теле последних зиму и весной, поле повышения температуры воды, достигать инвазионной стадии.

Заражение дефинитивных хозяев может происходить двумя путями: питьевой водой, содержащей зараженных циклопов, и при поедании резеруарных хозяев (рыбы, амфибии, рептилии и др.). Эксперименты по заранаучно-опытного сению поросят проводились на базе Степановское» и в подсобном хозяйстве санатория «Сосновый бор». Оба ги хозяйства расположены на территории Московской области, где гнатогоматоз ни разу не был обнаружен. Для постановки опытов были взяты поросят в возрасте 2—3 месяца. Подопытные поросята содержались в усовиях, исключающих побочное заражение гнатостоматозом. Все свиньи, одержавшиеся в хозяйствах, где проводились опыты, неоднократно проерялись на гнатостоматоз, но во всех случаях были получены отрицательые результаты. При просмотре желудков 13 свиней, которые содержались указанных выше хозяйствах и выступали как контрольные, гнатостомы и разу не были обнаружены. Из 6 поросят, которым были даны циклопы, держащие личинок G. hispidum, заразились два, причем гельминты, наодившиеся в теле поросят 3,5 месяца, не достигли половой зрелости. едьмому поросенку было скормлено мясо искусственно

ляпушки, в теле которой личинки находились около 7 месяцев. Подопытный поросенок был вскрыт также через 3,5 месяца после заражения. В желудке были обнаружены неголовозрелые гнатостомы, которые уже достигли раз-

мера взрослых.

Полученные нами данные по биологии G. hispidum позволяют высказать сомнение в справедливости утверждения ряда авторов, которые считают, что развитие гнатостом происходит с обязательной сменой двух промежуточных хозяев (промежуточного и дополнительного). Можно предполагать, что и другие представители рода Gnathostoma также развиваются с участием только одного промежуточного хозяина, используя позвоночных в качестве резервуарных или дефинитивных хозяев.

Гельминтологическая лаборатория Академии наук СССР

Поступило 3 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ C. Prammas, S. Daensvang, J. Parasitol., 23, № 1, 115 (1937). ² S. Ychida, Trans. 9 Congr. Far Eastern Assoc. Trop. Med. Pt. I, Japan. J. Zool., 6 (1934). ³ Y. Miyazaki, Kyushu Univers., 22 (9), 1135 (1952).

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

E. M. KAPMAHOBA

СШИФРОВКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА НЕМАТОДЫ HYSTRICHIS ICOLOR DIJARDIN, 1845 — ПАРАЗИТА ДОМАШНИХ И ДИКИХ УТОК

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 4 VI 1956)

Нематода Hystrichis tricolor Duj., 1945 является типичным видом рода strichis Duj., 1845 сем. Dioctophymidae. В 1954 г. Скрябии и Щихобалова зделили это семейство на два подсемейства: Dioctophyminae (с родами octophyme Collet-Meygret, 1802 и Mirandonema Kreis., 1945) и Hystrichinae родами Hystrichis Duj., 1845 и Eustrongylides Jägerdskiold, 1909)(¹). нованием для деления семейства послужили как анатомо-морфологичене различия, так и экология видов этих групп родов. В первом подсемействе ли сосредоточены паразиты млекопитающих, во втором — паразиты иц. Недоставало биологических различий для окончательного подтвержния подобного деления. До последнего времени в подотряде Dioctophymata ологический цикл полностью был изучен только для Dioctophyme tale (²-⁴).

Взрослые нематоды H. tricolor локализуются под серозной оболочкой жезистого желудка уток, вызывая тяжелые нарушения структуры тканей и функций. Значительная часть тела нематод, достигающих в длину 105 мм, вает замурована в мощную соединительнотканную капсулу, а головной хвостовой концы паразита свещиваются в просвет железистого желудка,

рфорируя его стенку.

Вызываемое H. tricolor заболевание, гистрихоз, носит очаговый харакр и относительно широко распространено в южных районах СССР и Задной Европы. Нередко экстенсивность инвазии уток достигает 50 проценв и более. Особо тяжело протекает это заболевание у молодняка, процент бели которого от него бывает значительным. Гистрихоз как заболевание, настоящего времени совершенно не изучен, сведения о биологии его збудителя в литературе полностью отсутствуют.

В 1953—1954 гг. нами проводилась работа по расшифровке биологичеого цикла Н. tricolor, изучались эпизоотологические особенности гистриза. Исследования велись в колхозах Потийского района Грузинской ГР. В результате был изучен жизненный цикл этой нематоды и морфолого-

атомические особенности отдельных стадий развития.

Взрослая, половозрелая стадия Н. tricolor нормально паразитирует стенке железистого желудка уток. Может иметь место и извращенная лолизация (перикард, воздухоносные мешки, печень). Отличительной морлогической особенностью этой стадии является мощное вооружение дутых головных концов кутикулярными шипами, образующими 28—34 юдольных ряда, в каждом из которых насчитывается от 12 до 32 шипов. ередний и задний концы тела нематод свободно вдаются в просвет желудка, о создает благоприятные условия для питания, оплодотворения и яйцегадки. Яйца Н. tricolor откладываются самкой в просвет желудка, после го они с помётом уток выходят во внешнюю среду. Только что выделенные пра не сегментированы. Дальнейшее развитие яиц происходит в воде. При ободном доступе воздуха, при температуре 22—30° в яйцах образуются одвижные личинки первой стадии в течение 3 недель с момента выделения

яиц из кишечника. Инвазионной стадии личинки достигают на 58—62 де от начала дробления, не претерпевая в яйце линек. Дальнейшее развити личинок Н. tricolor может продолжаться только в организме промежуто ного хозяина.

В условиях Грузинской ССР промежуточными хозяевами нематоды I tricolor оказались малощетниковые черви Criodrilus lacuum и Allolobopho

dubiosa var, pontica.

Роль рыб как дополнительных или резервуарных хозяев ни в природ

ни в эксперименте не установлена.

Личинки первой стадии имеют веретеновидную форму, тело покрыт тонкой гладкой кутикулой; длина их 0,217—0,227 мм, максимальная шрина 0,019—0,024 мм. Головной конец несколько притуплен, хвостовой острый, крючковидно загнутый. На головном конце латерально расположен две карманообразные амфиды. Ротовое отверстие слегка субтерминально сдвинуто на вентральную сторону. Имеется небольшая овальная ротова полость и хорошо заметный обоюдоострый стилет длиной 0,019—0,021 м как перфораторный орган. К заднему концу стилета примыкает очень токий упругий капилляр, который является кутикулярной выстилкой пере, ней кишки. Имеется парная субдорзальная железа, протоки которой окрываются у основания стилета. Пищеварительная трубка не дифференцирована на отделы.

В теле промежуточного хозяина, личинки этой стадии покидают обо лочку яйца и проникают в полость тела паразита, затем в его супранейрали ный кровеносный сосуд, лежащий над нервной цепочкой. Здесь происходи

первая линька.

Личинки второй стадии с тонкой гладкой кутикулой, тупозакругленны передним и заостренным задним концом. Перфораторных приспособлени у личинок нет. Личинки этой стадии локализуются также в супранейрал ном кровеносном сосуде в его каудальном участке. Вторая линька в эксп

рименте наблюдалась через 5,5 месяцев после начала заражения.

Личинка третьей стадии 14,91 мм длины и 0,24 мм ширины, головной квостовой концы тупозакруглены. Кутикула тонкая, гладкая. Апикалы головной конец личинки окружен валиком, по краю которого расположевенчик из шести мелких сосочков и двух амфид. Нервное кольцо сдвинут близко кпереди и лежит на расстоянии 0,125 мм от переднего конца тел. Пищеварительная трубка четко дифференцирована на отделы. Личинки 11 стадии локализуются в головном участке супранейрального кровеносного

сосуда червя

Личинок четвертой стадии, способных вызывать заражение дефинити ного хозяина, в природе встречено у 10% Criodrilus lacuum и у 3% Alle lobophora dubiosa. Личинки этой стадии локализуются также в головно участке супранейрального кровеносного сосуда хозяина. Тело личино нитевидной формы; слегка суживающееся к хвостовому концу 29,0—31,0 м длины и 0,46—0,58 мм максимальной ширины. Кутикула на всем протя жении их поперечно исчерчена. Головной конец имеет вид усеченного конуса По направлению кзади передний копец тела покрыт кутикулярными шпами, образующими 148—150 продольных ряда, в каждом из которых на считывается от 18 до 27 шипов. На головном конце имеется венец из шест сосочков и двух амфид. На этой стадии развития формируются внутренни половые органы и копулятивный аппарат, позволяющие различать личино

по полу.
Утки заражаются проглатывая личинок вместе с червем. Личинки вы ходят из последнего уже в пищеводе птицы. Попав в просвет железистого желудка, личинки вбуравливаются в стенку последнего, в течение 2 часов личинки дважды прободают стенку желудка, так что передний и задний конц нематоды оказываются свободно свешивающимися в его просвет. На 7—1 день личинки претерпевают четвертую, последнюю линьку. На 20—2 день вокруг быстро увеличивающихся в размерах нематод со сторон

зной оболочки желудка образуется капсула. По истечении месяца неоды достигают половой зрелости и начинают откладывать яйца. Продолельность выделения яиц самками Н. tricolor 30—45 дней. Вскоре после кращения продукции яиц нематоды гибнут: капсулы сморщиваются,

тки гельминтов постепенно рассасываются.

Весь цикл развития Н. tricolor совершается в течение 270—300 дней. Результаты полученных данных по биологии Н. tricolor подтверждают вильность подразделения семейства Dicotophymidae на два подсемейства: икле Dioctophyme renale (подсем. Dioctophyminae) участвуют промежуный и дполнительный хозяева, в то время как у Н. tricolor (подсем. trichinae) развитие идет только с одним промежуточным хозяином. Что касается рыб, в теле которых были найдены инвазионные личинки неод из рода Fustrongylides, близких к роду Hystrichis, то их следует растривать как резервуарных хозяев.

Гельминтологическая лаборатория Академии наук СССР Поступило 3 VI 1956

шитированная литература

¹ К.И.Скрябин, Н.П.Шихобалова, Определитель паразитических нед, Изд. АН СССР, 4, 1954. ² А.Е. Woodhead, J. Parasitol., Suppl. 27, 1941). ³ А.Е.Woodhead, J. Parasitol., Suppl. 31,12 (1945). ⁴ А.Е. Wooddd, Trans. Am. Micr., Soc., Sol. 69, № 1, 21 (1950).

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

А. М. КРИВКО

ECTECTBEHHOE РАЗДВОЕНИЕ ВЕСЕННЕГО ПОКОЛЕНИЯ ОВЕЧЬЕГО ОВОДА (OESTRUS OVIS L.) В АЛМА-АТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 24 V 1956)

Исследования биологии овечьего овода в Алма-Атинской области Казахской ССР проводились в 1952—1955 гг. на Алма-Атинском мясокомбинате и экспериментальной базе Института ветеринарии Казахского филиала Всесоюзной Академии сель

Таблица 1 Динамика развития личинок овечьего овода

Месяц	J.O.	Число	Численность отдельных стадий личинок, в %				
	Число	Чис	1	II	III		
	-		1				
Январь	5	61	40	47	13		
Февраль	10	125	40	31	29		
Mapr	10	33	12	12	76		
Апрель	8	44	34	9	57		
Май	10	105	45	34	21		
Июнь	16	143	53	33	14		
Июль	11	375	83	4 9	13		
Август	54	689	67	9	24		
Сентябрь	13	297	100				
Октябрь	39	674	100				
Ноябрь	10	179	97	3			
Пекабрь	30	616	96	3	1		

ала Всесоюзной Академии скохозяйственных наук.

В 1952—1953 гг. были произ ведены вскрытия 216 овечьих голов, при которых извлекались все личинки с одновременным определением стадий их развития и мест локализации. Полученные результаты позволили установить следующую динамику развития личинок (см. табл. 1).

Таким образом установлено что в полостях головы овец ли чинки I стадии находятся в те чение всего года, личинки II стадии отсутствуют в сентябре октябре, а личинки III стади отсутствуют в сентябре — но ябре.

Специальными эксперимента

ми на ягнятах, подвергшихся естественному и искусственному заражению личинками овечьего овода, было неоднократно доказано сущест вование двух поколений овечьего овода в Алма-Атинской области. На пример, в 1955 г. у подвергавшихся естественному заражению ягнят весен него окота уже 11 июля наблюдались зрелые личинки III стадии Экспериментами и наблюдениями в природе установлено, что выпадени личинок осеннего заражения начинается с середины марта и оканчиваетс в конце августа. Самый ранний вылет мух из личинок осеннего заражения отмечен 13 мая (1954 г.), конец лета наблюдался в середине октября Личинки в брюшке самок созревают в течение 16—20 суток после вылет самок. Личинки I стадии весеннего заражения появляются в носовых полостях овец с середины июня; личинки I стадии осеннего заражения — с середины августа.

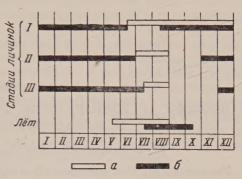
Уже через 2 недели после появления первых личинок I стадии весеннег заражения появляются первые личинки II стадии, которые встречаются течение июля и августа, личинки III стадии весеннего заражения с середины июля до конца августа. Эти данные позволяют представить го

довой цикл овечьего овода следующим образом (см. рис. 1).

Из графика видно, что личинки I стадии весеннего и осеннего заражени встречаются в полостях головы овец в июне и с августа по декабрь; личини

гадии двух поколений встречаются друг с другом лишь один раз — онце июня или начале июля; личинки Π двух поколений встрестя друг с другом в июле. В течение $1^1/_2$ месяцев (со второй половины я по конец августа) наблюдает-

совместный лет весеннего и него поколений овечьего овода. Однако в одном опыте с ягнятами ннего окота, поставленном для новления сроков развития лиюк овечьего овода весеннего заения, оказалось, что заметная в личинок оставалась еще в I ии, в то время как остальные инки, попавшие одновременно ми в полости головы ягнят, уже ончили свое развитие и выпали землю. Опыт был поставлен слещим образом. В апреле 1955 г., начала лёта овечьего овода, в



землю. Опыт был поставлен слерис. 1. a — весеннее заражение (или лёт), пим образом. В апреле 1955 г., b — осеннее заражение (или лёт)

а-Ату было привезено 19 двадцатидневных ягнят, которые в течение о опыта содержались в закрытом помещении. Все ягнята 11—12 июня быискуственно заражены личинками I стадии овечьего овода. В ноздри

Таблица 2 ки развития личинок овечьего овода весеннего заражения

		IOK	Ста	дии лич	инок
мя забоя	Число	Число	I	11	III
ь ь уст 'ябрь ябрь т	2 4 4 1 4	34 103 121 24 — 16	33 82 89 19 —	1 8 7 5 - 8	13 25 — 5

одного ягненка вводились все личинки, извлекаемые из брюшка одной самки овода, проявлявшей стремление к откладке личинок. Зараженные ягнята периодически, но не ранее 8 суток после заражения, забивались и собранный материал анализировался. Полученные результаты сведены в табл. 2.

Таким образом, в СССР впервые отмечен факт раздвоения весеннего поколения личинок овечьего овода, наблюдавшийся ранее лишь в штате Нью Мексико США (1). Часть личинок закан-

ает развитие в короткие сроки и успевает дать 2 поколения в год, а гь развивается длительное время и дает одно поколение в год.

Описанный цикл развития овечьего овода является переходным между лом в северной части распространения овода, где развивается одно поение в год, и циклом южных областей СССР, где развивается два полных оления в год.

Институт ветеринарии Казахского филиала Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина

Поступило 15 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 N. G. Gobbett, W. C. Mitchell, Am. J. Vet. Res., 2, 358 (1941).

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

т. п. чижова

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ ЛЕНТЕЦОВ, ПАРАЗИТИРУЮЩИХ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 30 XI 1955)

Учение Е. Н. Павловского (2) о природной очаговости трансмиссивных и некоторых паразитарных болезней дало возможность подойти к выработке новых мер борьбы с рядом болезней. Из гельминтозов в настоящее время известно небольшое количество болезней с природно-очаговым распространением, к числу которых относится и дифиллоботриоз.

Одним из наиболее широко распространенных и наиболее опасных для человека видов дифиллоботриид является лентец широкий (Diphyllobot-

hrium latum). Биология его хорошо изучена.

С фекалиями человека яйца попадают в воду и здесь заражают планктонных ракообразных, которые, став добычей рыбы, инвазируют ее личинками-плероцеркоидами. Рыба, пораженная личиночным дифиллоботриозом, является источником имагинального дифиллоботриоза людей и ряда животных. Такой же путь развития совершают и многие другие виды лентецов. Однако за последнее время в гельминтологической литературе высказывается предположение о наличии возбудителя в дикой природе, в частности в распространении дифиллоботриоза подозреваются чайки и другие виды рыбоядных птиц.

Так, в 1944 г. Ансворс (12) пришел к выводу, что взрослые стадии лентецов, паразитирующих у птиц (чаек и бакланов), могут паразитировать

также и у млекопитающих.

Бэйлис (8) в 1945 г. изучал лентецов птиц и млекопитающих и сопоставлял их с лентецом широким и D. dendriticum, «который нормально паразитирует у птиц». Автор приходит к мнению, что все рассмотренные им лентецы относятся к одному виду, а именно D. denriticum и что лишь паразитирование в столь различных хозяевах как птицы и млекопитающие, приводит к неко-

торым особенностям их морфологии.

В 1953 г. появилась статья Кулова (9). Обнаружив зараженность плероцеркоидами рыб нижней Эльбы и других водоемов Гамбурга, он предпринял обследование 13 видов диких птиц и обнаружил у озерной чайки Larus ridibundus взрослых лентецов, отнесенных им к виду D. dendriticum. Из половозрелых червей им были выделены яйца, из которых выращены процеркоиды в циклопах. Рачки затем скармливались рыбам и в последних развились плероцеркоиды, в свою очередь скормленные подопытным чайкам, крачкам и, главное, крысам и мышам. Все указанные животные заразились

Таким образом, хотя вопрос о возможности паразитирования лентецов птиц у млекопитающих уже не раз обсуждался в литературе, это явление было впервые доказано экспериментально. Однако вызывало сомнение, что столь различные в систематическом отношении хозяева, как млекопитающие и птицы, могут являться обладателями общих паразитов. Это казалось особенно недопустимым для рыбоядных птиц, у которых, как известно, физиология пищеварения отличается рядом особенностей. Возникал также вопрос о возможности паразитирования лентецов человека у птиц. Вудбери (11) и Брампт (7) отрицают возможность подобного явления.

1954 г. мы решили сделать попытку экспериментального заражения плероцеркоидами лентеца широкого. Этот вопрос имеет большое эпи-ологическое значение, так как известно, что кроме широкого распронения дифиллоботриоза по побережью Балтийского моря, имеются се очаги с высоким процентом зараженности населения в других местах тского Ссюза.

ля опытов мы использовали молодых чаек вида L. ridibundus, получениз заповедника «Киево» (Московское море). Чайки брались из гнездоне, за несколько дней до вылета из гнезда. В водоемах Московской сти заражение рыб дифиллоботриозом не было установлено, мы вскрыли

ек и ни в одной из них лентецов не было обнаружено.

Іля заражения чаек были использованы ерши, привезенные из Ленина. Из 4 кг ершей нами было добыто 450 плероцеркоидов. Несмотря на то рыба пролежала около двух суток при температуре выше 30° и была

и разложившейся, все плероцеркоиды оказались живыми.

Кизнедеятельность плероцеркоидов определялась по подвижности их зиологическом растворе. Подобным образом судил о жизнедеятельности оцеркоидов В. Г. Гнездилов (1) в своих экспериментах с заражением соличинками из ленинградских ершей. В его опытах проверенные на неспособность плероцеркоиды, заразили всех подопытных собак.

Іайкам плероцеркоиды давались вложенными в кусочки свежей рыбы. дая птица получила по 15 плероцеркоидов. Всего было заражено аек. Такое же количество плероцеркоидов мы ввели пипеткой в пище-

трем голубям.

lepes 4 часа после заражения были забиты три чайки. Никаких следов сутствия в них плероцеркоидов установить не удалось — их желудок шечник были пусты. Осмотр полости тела и внутренних органов дал ке отрицательный результат. Это указывает на отсутствие возможных раций за пределы пищеварительного тракта. В последующие дни было ыто еще 5 чаек и результаты были такие же. На 12 день после заражения в вскрыты остальные 10 чаек и ни у одной из них заражение не было

гружено. Голуби также не заразились.

нализируя результаты наших опытов, а также приведенные выше данзарубежных авторов, следует предположить, что в опытах с лентецом оким мы имели дело с таким паразитом, который издавна адаптировался ганизме млекопитающего (в частности человека), условия физиологиин ечной среды которого значительно отличаются от таковой птиц. В саделе, уже такие факторы среды, как высокая кислотность, быстрота варивания, перистальтика кишечника, и, наконец, высокая температура птицы могут явиться настолько «жесткими» условиями, что, попадая их, плероцеркоид подвергается перевариванию. Другое дело, если речь го паразитах птиц, которые в организме млекопитающего находят для более «мягкие» условия. Здесь они не только не перевариваются, но живаются и достигают половой зрелости, а следовательно могут явся и источником заражения. Возможно, что при этом и возникают ь сбычные и столь разнообразные для лентецов морфологические осогости, являющиеся результатом освоения новых жизненных условий. Если распространить излагаемое нами предположение и на другие виды иллсботриид, то, повидимому, можно будет пересмотреть вопрос о виой принадлежности ряда лентецов, описанных для человека.

Гак, например, нужно будет проанализировать взаимоотношения между

гецами чаек и человека на озере Байкал.

Описанные как эндемики Байкала два вида паразитов человека лентецый D. minus (6) и лентец узкий D. strictum (10) не отличались от ленте(вид, sp.) чаек Байкала. При изучении материала, добытого из Байкала
8), мы высказали предположение, что перед нами самостоятельные вобы, отличие между которыми заключается лишь в их требовании опреденой среды сбитания (в одном случае таковой является организм птицы,

в другом — млекопитающего), т. е. предполагалось, что лентецы чаек лентецы человека относятся к так называемым «биологическим видат (понятие, установленное Н. А. Холодковским (5)). Мы не могли постави перекрестных экспериментов, так как не располагали «стерильной» рыбойдополнительным хозяином лентецов Байкала, каковыми являются си омуль и хариус.

Теперь, когда экспериментально установлена возможность обитани птичьих видов лентецов у млекопитающих, приходится допустить, что чайк Байкала (Larus argnentatus — заражены до 50%), инвазируют рыбу плер церкоидами (заражение до 60%), а последние, попадая с рыбой в организ человека (заражение 6%), находили для себя здесь подходящие условия постепенно адаптировались в новой для них среде. Они-то и послужили вероятно, объектом для описания новых видов лентецов человека. Конечн это лишь гипотеза, требующая дальнейшего всестороннего изучения данного вопроса.

Необходимы и повторные опыты для отрицания роли птиц в распространении лентеца широкого, а также изучение паразитофауны рыбоядных пти

особенно обитающих в очагах дифиллоботриоза.

Первый московский медицинский институт

Поступило 26 XI 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Г. Гнездилов, Соц. здравоохранение, № 5 (1931). ² Е. Н. Павловский, Руководство по паразитологии человека, 1, 1948. ³ Е. Н. Павловский Зоол. журн., 25, в. 4 (1946). ⁴ К. И. Скрябин, Э. С. Щульц, Основы общей гельмингологии, 1940. ⁵ Н. А. Холодковский, Изв. имп. Акад. Наук, 7, сер., 4, 1 (1910). ⁶ Н. А. Холодковский, Зоол. вестн., № 1 (1916). ⁷ Е. А. В ги шр г Precis de Parasitologie, Paris, 1936. ⁸ Н. А. Вауlis, Ann. Trop. Med. and Parasito 32, 1 (1945). ⁹ F. Киhlow, Zs. f. Parasitenkunde, 16, 1 (1953). ¹⁰ Th. Taltsin Zs. f. Parasitenkunde, 4, 4 (1932). ¹¹ L. A. Wodbury, J. of Parasitol., 21, 4 (1935) ³² K. Unsworth, Ann. Trop. Med Parasit., 58, № 34 (1944).